

# ДМИТРИЙ ФЁДОРОВ ПРИРОДА БОИТСЯ ПУСТОТЫ

СОВСЕМ НЕ КРАТКИЙ ПУТЕВОДИТЕЛЬ ПО АНТИЧНОЙ ИСТОРИИ, ПОЛИТИКЕ, ЭКОНОМИКЕ, ФИЛОСОФИИ, ГЕОМЕТРИИ, ФИЗИКЕ И АСТРОНОМИИ. ОСОБЕННО - АСТРОНОМИИ. ВКЛЮЧАЕТ ТАКЖЕ НЕСКОЛЬКО ГЛАВ О ДРУГИХ ИСТОРИЧЕСКИХ ЭПОХАХ, В КОТОРЫХ У ЛЮДЕЙ, КАК И У ДРЕВНИХ ГРЕКОВ, НЕ ПОЛУЧИЛОСЬ СОЗДАТЬ НАУКУ.

# Дмитрий Александрович Фёдоров

## Природа боится пустоты

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=69833713](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=69833713)*

*SelfPub; 2023*

### Аннотация

Изначально я задумал книгу об астрономической системе Клавдия Птолемея, но такая книга уже есть, она называется "Альмагест", и Птолемей сам ее написал. Проблема лишь в том, что "Альмагест" весьма трудно читать, поэтому с ним мало кто знаком. Мне же хотелось написать нечто намного более понятное, но при этом не упрощенное, дабы сохранилась вся глубина античной астрономической мысли. Оказалось, что это очень непростая задача. Дело в том, что единственный способ изложить систему Птолемея в доступном виде – объяснить, почему, собственно, она была именно такой. Для этого потребовалось углубиться в греческую физику и геометрию, а далее, как следствие, в древнегреческую философию, историю, экономику и политику. В результате небольшая по изначальной задумке работа превратилась в грандиозное полотно античной картины мира – невероятно красивой, изящной, притягательной и почти полностью, почти во всём ошибочной. Получилась книга не об астрономии, а о том, почему же так сложно придумать науку.

# Содержание

ВМЕСТО ПРЕДИСЛОВИЯ	20
ПРОЛОГ. В КИТАЕ ВСЕ ЖИТЕЛИ КИТАЙЦЫ И САМ ИМПЕРАТОР КИТАЕЦ	22
Эмпиризм по-китайски	22
Иезуиты в Китае	25
О китайской реакции	29
Экспедиции Чжэн Хэ	32
Еще о китайской реакции	35
Опиумные войны	37
О прогрессе	40
Способы постижения мира	44
ГЛАВА ПЕРВАЯ. ИСКУССТВО	48
Аттестат Петра Первого	48
Об изначальном понятии искусства	51
Свободные и механические искусства	53
Разделение искусств, ремесел и наук	56
О причинах потребности в науке	61
ГЛАВА ВТОРАЯ. СРЕДНЕВЕКОВЫЕ УНИВЕРСИТЕТЫ	63
Интеллектуальный и экономический климат Запада в начале второго тысячелетия	63
Пьер Абеляр	67
Шартрский дух	69

Появление университетов	71
Учебная программа средневековья	74
Диспут	79
Схоластика	81
Книги	84
Истоки университетских кризисов	85
Споры вокруг Аристотеля	89
Разум и опыт	92
Гибель университетского духа	94
Вера и разум	97
Механика схоластов	100
Новые университеты	102
Падение университетов	105
Антиинтеллектуализм	108
Гуманизм как интеллектуальная реакция	110
Как рождалась современная наука	114
<b>ГЛАВА ТРЕТЬЯ. СЛОВА, СЛОВА, СЛОВА</b>	<b>116</b>
Неисторическая жизнь общества	116
Минойцы и Микенцы	118
Шумеры	121
Юридические документы Шумера	125
Научные тексты Шумера	127
Шумерская литература	130
Сочинения мудрости	136
О шумерском образовании	138
О том, насколько верно мы понимаем	141

мышление древних людей	
Государство инков	144
Кипу. Узелковая письменность инков	149
Расцвет бронзового века	155
Бронзовый коллапс	160
Что записали современники о бронзовом коллапсе	163
Причины бронзового коллапса	165
О том, почему люди прошлого не записывали свои мысли и идеи	171
<b>ГЛАВА ЧЕТВЁРТАЯ. РОЖДЕНИЕ ИСТОРИИ</b>	<b>174</b>
Алфавит и новый греческий миф	174
Греческое общество до начала своего расцвета	177
Восстание Килона и реформы Солона	181
Тирания Писистрата и реформы Клисфена	184
Краткие итоги социальных и экономических изменений в Афинах	188
Марафон	190
Вторжение Ксеркса	193
Результаты победы греков над персами	197
Отец истории Геродот	199
Противоречия между Афинами и Спартой	204
Пелопонесская война. Первый этап	209
Пелопонесская война. Второй этап	212
Крах классической Греции	217

«История» Фукидида	219
Последствия появления исторического мышления	224
<b>ГЛАВА ПЯТАЯ. ФИЛОСОФИЯ ЕСТЬ БОРЬБА</b>	<b>227</b>
Общие рассуждения	227
Причины появления философского мировоззрения	229
Философия торгово-ремесленного класса. Милетская школа	238
Философия старой аристократии. Гераклит	243
Появление рационализма	247
Математическая мистика на службе аристократии. Пифагорейцы	250
Великая Греция. Ксенофан	257
Реакция в Великой Греции. Элейская школа	260
Натурфилософский синкретизм. Эмпедокл	265
Древнегреческая медицина. Алкмеон	269
Материализм и атеизм. Анаксагор	271
Атомизм и механицизм. Демокрит	275
Общая характеристика эпохи греческой натурфилософии	285
<b>ГЛАВА ШЕСТАЯ. Я ЗНАЮ, ЧТО Я НИЧЕГО НЕ ЗНАЮ</b>	<b>292</b>
Общественная жизнь Афин	292
Политическая борьба. Софисты	295
Протагор	297

Горгий	299
Антифон	302
Софисты и кризис афинской демократии	304
Борьба с софистами и антидемократическая реакция. Сократ.	307
Падение демократии. Последователи Сократа.	312
Платон	
Аристократическое государство Платона	318
О том, что вся греческая философия являлась политической декларацией	323
Чего на самом деле хотел Платон	326
Профессиональный философ. Аристотель.	329
Метафизика Аристотеля	333
Социальные и политические воззрения аристотеля	338
Рассуждения Аристотеля о труде и о торговле	343
Как менялся греческий мир. Чего не хотели замечать философы	346
<b>ГЛАВА СЕДЬМАЯ. ВСЕ ЛЮДИ СМЕРТНЫ</b>	354
Технические достижения греков	354
Мнение греков о самих себе	359
Логико-дедуктивный метод	363
Истоки появления логики	367
Пример логического доказательства. Теорема Фалеса	370
Практическая польза логики	372

Формальная логика	374
Силлогизмы	377
Ограничения логики как инструмента	382
<b>ГЛАВА ВОСЬМАЯ. АРХИМЕД ПРОТИВ РИМА</b>	<b>384</b>
Мир после Александра Македонского	384
Философия эллинизма. Скептицизм.	391
Эпикурейство. Стоицизм	
Интеллектуалы в эпоху эллинизма	405
Александрийский Музей	408
Борьба Карфагена и Рима за Сицилию	414
Оборона Сиракуз	419
Образ Архимеда в античной культуре	425
Угасание античной науки после Архимеда	429
Римляне и греческая культура	433
Поздняя Империя	438
<b>ГЛАВА ДЕВЯТАЯ. ЦИРКУЛЬ И ЛИНЕЙКА</b>	<b>442</b>
Математика древности	442
Вычисления в Египте и Вавилоне	445
Достижения древних математиков. Площади.	450
Число пи. Объемы	
Влияние восточной математики на греческую	455
Причины особого пути греческой математики	460
Как считали греки. Геометрическая	462
математика. Делосская задача	
Геометрическое деление. Геометрическое	468

извлечение квадратного корня	
Первые идеологические споры о математике.	480
Бесконечно малые	
Первые «Начала». Квадратура круга.	484
Бесконечное приближение. Трисекция угла.	487
Сложные кривые	
Пифагорейская математика. Иррациональные числа	490
Разгром атомистической математики	495
Математика и музыка	499
Платонизм в математике	501
Геометрическая теория чисел. Метод исчерпывания. Евдокс	503
Конические сечения	508
Краткие итоги первого этапа развития греческой математики	511
<b>ГЛАВА ДЕСЯТАЯ. СВЕДЕНИЕ К АБСУРДУ</b>	<b>513</b>
«Начала» Евклида	513
Математические механизмы. Объемные места. Эратосфен	519
Математические интересы Архимеда	527
Площадь параболы. Геометрическое доказательство Архимеда	530
Архимед суммирует ряды	537
Площадь параболы. Механическое доказательство Архимеда	543

Теорема Архимеда о шаре и цилиндре	547
Атомистические и механические идеи в математике Архимеда	558
Другие математические работы Архимеда.	568
Ракушки. Коноиды и сфероиды	
Вычисление Архимедом числа пи	574
«Конические сечения» Аполлония	580
Соперничество Архимеда и Аполлония	587
Математика в римский период	591
ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ. ПРИРОДА НЕ ТЕРПИТ ПУСТОТЫ	597
Эмпирическая физика древних цивилизаций	597
Нила и Междуречья	
Физика древнего Китая	602
Древнеиндийская физика	611
Ранняя древнегреческая физика	615
Первоэлементы и атомы	620
Дух метафизики	623
Геометрическая химия Платона	625
Чем на самом деле являлась греческая натурфилософия	631
Общая характеристика античных воззрений на изучение природы	635
Атомистическая физика Демокрита	640
Атомизм и Аристотель	646
Основы натурфилософии Аристотеля	650

Классификации Аристотеля	652
Естественное и вынужденное движение.	655
Падение	
Установившаяся скорость падения	658
Устройство космоса по Аристотелю. Пустота	660
Причины вынужденного движения	665
Математические законы движения по Аристотелю	669
Общая характеристика физики Аристотеля.	673
Причины ее популярности	
Концепция знаний о природе до начала Научной революции	677
<b>ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ. ТОЧКА ОПОРЫ</b>	681
Античные воззрения на механику	681
Центры тяжести	685
Кинематическая механика греков.	687
«Механические проблемы» Псевдоаристотеля	
Закон рычага	691
Механические задачи, решаемые греками	699
Изменение взглядов на механику с наступлением эпохи эллинизма	705
Механика Архимеда	709
Работы Архимеда о равновесии	712
Работы Архимеда по гидростатике	719
Механика при римлянах	726
Архитектура. Витрувий	728

Вершина античной механики. Герон Александрийский	734
Статика сооружений у Герона	740
Расчет сложных механизмов у Герона	745
Попытки сохранить античное наследие. Папп Александрийский	750
Почему греки не смогли создать теоретическую механику	758
<b>ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ. УГОЛ ЗРЕНИЯ</b>	763
Теории греков о зрении и свете	763
«Оптика» Евклида	768
Причины развития теоретической оптики у эллинов	771
«Катоптрика» Архимеда	773
Оптические работы Герона Александрийского	778
Закон отражения у Герона	781
Оптические исследования Клавдия Птолемея	784
Успех античной оптики	789
<b>ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ. ДНИ НЕДЕЛИ И ВРЕМЕНА ГОДА</b>	791
Общая характеристика древних воззрений на астрономию	791
Практическая значимость астрономии	794
О движении Солнца и звезд	796
О движении Луны. Лунный и солнечный годы	800
Проблема составления календаря. О	805

вычисления даты Пасхи	
Астрономические знания Вавилона	808
Астрономические знания Египта	811
Мифологические воззрения греков на устройство космоса	817
О названиях дней недели	821
Устройство мира у досократиков	826
Первые попытки использовать геометрию в астрономии. Анаксагор	837
Слабость философского подхода в вопросах астрономии	844
Гномон	846
Солнечное неравенство. Времена года	849
Особенности движения планет	851
Математика, музыка и астрономия	853
Космос пифагорейцев. Система Филолая	856
Пути развития древней астрономии	864
<b>ГЛАВА ПЯТНАДЦАТАЯ. МУЗЫКА СФЕР</b>	<b>867</b>
Основные принципы астрономических исследований у греков	867
Устройство мира у Платона. Первая концепция	871
Устройство мира у Платона. Вторая концепция. Математическая мистика	876
Еще об астрономии и музыке	883
Задача сведения астрономии к кругам	886

Концентрические сферы Евдокса	890
Концентрические сферы Каллиппа	906
Концентрические сферы Аристотеля	911
Форма и размеры Земли у Аристотеля	919
Недостатки астрономической системы с концентрическими сферами	922
Вращение Земли у Гераклида	925
Различие взглядов на физику и астрономию у греков	929
Определение размеров Луны и Солнца, а также расстояний до них. Аристарх Самосский	931
Размеры Земли. Эратосфен	943
Астрономические работы Архимеда	947
Уточнение расстояний до Луны и Солнца. Гиппарх	949
Звездный каталог Гиппарха.	958
Продолжительность года. Прецессия	
Промежуточные итоги развития греческой астрономии	962
<b>ГЛАВА ШЕСТНАДЦАТАЯ. СУММЫ ВРАЩЕНИЙ</b>	966
Почему греки занимались астрономией иначе, чем другие общества	966
Сложности с использованием математики в астрономии	971

Неподвижный эксцентр. Солнечная теория Гиппарха	976
Подвижный эксцентр. Теория движения планет	980
Деференты и эпициклы. Теория Солнца	988
Деференты и эпициклы. Теория для внешних планет	991
Деференты и эпициклы. Теория для внутренних планет	995
Эквивалентность моделей с подвижным эксцентром и моделей с деферентом-эпициклом	997
Лунная теория Гиппарха	1002
Физические представления эллинизма об устройстве космоса	1008
Порядок расположения планет	1013
<b>ГЛАВА СЕМНАДЦАТАЯ. ВЕЛИКОЕ ПОСТРОЕНИЕ</b>	1016
Античная астрономия после Гиппарха. Клавдий Птолемей	1016
Альмагест	1021
Краткое описание астрономических результатов Птолемея	1032
Общие взгляды Птолемея на познание мира, на физику и на устройство космоса	1038
Солнечная теория Птолемея	1046

Дополнительные сведения о движении Луны	1048
Лунная теория у Птолемея. Первая итерация. Сизигии	1051
Лунная теория у Птолемея. Вторая итерация. Квадратуры. Эвекция	1055
Лунная теория у Птолемея. Третья итерация. Подвижный эксцентр деферента	1061
Лунная теория у Птолемея. Четвертая итерация. Эквант	1064
Почему лунная теория Птолемея противоречит наблюдениям	1068
Теории движения планет Птолемея	1072
Определение размеров деферента и эпицикла. Величина эксцентра	1075
Уточнение первого неравенства в движении планет. Эквант	1079
Теория движения Меркурия у Птолемея	1083
Модели Птолемея для описания движений планет по широте	1089
Объем проведенных Птолемеем расчетов «Планетарные гипотезы». Расстояния до небесных тел и их размеры у Птолемея	1094 1097
Научная честность Птолемея	1107
Другие работы Птолемея	1111
Общий итог развития античной астрономии	1119
ГЛАВА ВОСЕМНАДЦАТАЯ. НАЗАД В	1121

## ПЕЩЕРУ

Роль интеллектуала в античности	1121
Геометрия как инструмент познания мира	1124
Борьба греков за чистоту геометрии	1129
Мистика. Религия. Скептицизм	1131
Греческая наука и христианство	1136
Гибель Гипатии	1143
Языческая философия в христианской Империи	1145
Что было забыто на Западе, а что забыто не было	1148
Базовые концепции античной мысли	1151
Разница между Платоном и Аристотелем для людей прошлого. Метод познания	1155
Судьба Аристотелева корпуса	1164
Социально-экономический и политический кризис Римской Империи	1170
Неоплатонизм. Плотин	1175
Бутылочное горлышко западной философии.	1180
Порфирий и Боэций	
Философия становится формальной	1183
Реализм и номинализм	1190
Дерево Порфирия	1194
Проблема универсалий	1199
Падение Рима	1203
Власть варваров. Гибель Боэция	1209

Борьба Византии за Италию	1215
Античное наследие в Византии	1219
Триумф ислама	1223
<b>ЭПИЛОГ. ТЬМА БЛИЗКО</b>	1226
Христианство и языческая культура	1226
Позиция Александрийской школы	1229
Позиция радикальных Отцов Церкви.	1231
Лактанций	
Умеренная позиция. Василий Великий	1234
Позиция радикальных Отцов Церкви.	1236
Кирилл, Севериан, Диодор	
Умеренная позиция Западной церкви.	1241
Амвросий, Августин	
Византия. Мир Косьмы Индикоплова	1246
Последние очаги античной мудрости	1253
<b>НЕКОТОРЫЕ ИСТОЧНИКИ</b>	1256
<b>ОБ АВТОРЕ</b>	1260

# Дмитрий Фёдоров

## Природа боится пустоты

*– Польза философии не доказана, а вред от неё  
возможен.*

*Министр народного просвещения Российской  
империи князь Платон Александрович Ширинский-  
Шихматов*

# ВМЕСТО ПРЕДИСЛОВИЯ

День святого Мартина 1619 года. Идет Тридцатилетняя война. Рене Декарт – офицер герцога баварского – уже целых три месяца не пьёт вина. Впрочем, к военной службе Декарт тоже относится пренебрежительно: от жалованья принципиально отказывается, считает себя свободным от всяких обязанностей, сидит на зимней квартире и занимается математикой. Именно в это время, если верить дневникам, он открывает основы аналитической геометрии. Сознывая громадное значение изобретенного метода, Декарт тут же задумывает написать тракт под названием

*Сокровище математики Полибия Космополита, в котором указываются истинные средства разрешать все трудности сей науки, и доказывается, что ум человеческий не может идти далее в разрешении ее задач. Оно назначено, дабы будить леность одних и посрамить дерзость других, обещающих новые чудеса во всех науках, а также дабы уменьшить утомление и труд запутавшихся в Гордиевых узлах математики и без пользы расходующих силы своего ума. Сочинение предлагается ученым всего мира и в особенности знаменитым братьям Розового Креста в Германии.*

Дальше заглавия дело не пошло.

Впервые прямоугольную систему координат Декарт описал лишь восемнадцать лет спустя в своем труде «Геометрия» – третьем приложении к философскому трактату «Рассуждение о методе...».

Не так-то просто писать книги о науке!

# ПРОЛОГ. В КИТАЕ ВСЕ ЖИТЕЛИ КИТАЙЦЫ И САМ ИМПЕРАТОР КИТАЕЦ

## Эмпиризм по-китайски

Иезуиты рвались в Китай. Туда многие стремились, но XVII столетие давало Обществу Иисуса надежду, что именно его старания увенчаются успехом. Веками жители Поднебесной по любому вопросу обращались к мудрости древних, но теперь китайцы будто бы начали понимать, что классические авторы не могут сообщить всего необходимого. Все чаще раздавались голоса, требовавшие искать ответы на насущные вопросы не в старых текстах, но посредством собственных суждений. Слабеющая династия Мин жестоко преследовала вольнодумцев, но голоса разума не утихали.

Когда в 1644 году власть захватили маньчжуры, и началась эпоха династии Цин, дух интеллектуальной свободы лишь усилился: сотни ученых отказались работать на завоевателей. Одним из таких смельчаков был Гу Яньбу, считавший политические потрясения следствием того, что Китай погряз в порочной метафизике. Старой интеллектуальной

традиции Гу Яньу противопоставил необходимость доказывать практическую применимость всякого знания. Подобно англичанину Фрэнсису Бэкону («Новый органон» Бэкона вышел в 1620 году), Гу Яньу попытался понять окружающий мир путем наблюдения за реальными вещами и за трудом других людей. Путешествуя по стране, он тщательно записывал всё, что узнавал об астрономии, метеорологии, ирригации, горному делу, соляной промышленности, кораблестроении, мореходстве, вопросах ведения боевых действий и государственному управлению. Китайские мастера умели очень многое, однако профессиональные интеллектуалы (государственные чиновники-управленцы) попросту игнорировали всю накопленную народом мудрость как несуществующую. Взгляды Гу Яньу приобрели популярность у многих, а особенно – у китайских врачей, которых ужасало их бессилие перед эпидемиями 1640-х годов. Опираясь на многочисленные истории болезней, они настаивали на проверке классических медицинских теорий реальными результатами, а не бесполезными цитатами из древних трактатов.

Всё чаще китайские ученые начинали отдавать предпочтение фактам, делая акцент на строгих методах в математике, астрономии, географии, лингвистике и истории. Даже император Канси в итоге провозгласил, что при решении любой проблемы необходимо изучить ее корень и обсудить с обычными людьми, а лишь затем приступать непосредственно к решению.

Указанными обстоятельствами и решили воспользоваться иезуиты.

# Иезуиты в Китае

Свое проникновение в Китай миссионеры начали еще в 1570-х годах, действуя из португальской фактории в Макао. Успеху христианской проповеди немало способствовали хорошие подарки, особенно такие технические достижения запада, как часы и очки. Но главным «оружием» в арсенале иезуитов, как ни странно, оказалась астрономия. Китайские чиновники настолько серьезно относились к календарю, что даже разрешали чужеземцам (в основном арабам и персам) работать в астрономическом бюро. Считалось, например, что празднование зимнего солнцестояния в неправильный день может в буквальном смысле потрясти основы мироздания. Такая щепетильность сильно напоминала представления средневековой Европы о важности верного определения даты очередной Пасхи.

Точность иезуитских астрономических вычислений превосходила китайскую на порядок. Несколько высших государственных чиновников не смогли устоять перед новой математикой и тайно обратились в христианство. Появились переводы европейских книг. Император Канси в долгих беседах со священниками изучил их арифметику, геометрию и механику. Во время инспекционных поездок он пропагандировал среди своих чиновников новые западные методы рас-

четов для различных технических работ. Также иезуиты организовали для китайской армии отливку множества великолепных современных пушек.

Казалось, что дело миссионеров движется вполне удачно – некоторые из них даже удостоились титула мандарина. Но, это была лишь видимость успеха. Китайское общество в целом оставалось закрытым для европейского влияния. Да, восточные ученые были разочарованы «мудростью» своих предков, однако, вместо создания новых представлений об устройстве мира, они предпочли обратиться к еще более древним и почтенным авторитетам. Где же еще могла быть сокрыта истина, как не в глубине веков? В Поднебесной началось Возрождение. Даже у Гу Янью интерес к старинным текстам был столь же силен, как и интерес к современному горному делу или сельскому хозяйству. Истории болезней, собранные китайскими врачами, стали использовать не столько для лечения больных, сколько для «правильной» расшифровки медицинских текстов времен древней династии Хань (правила с конца III века до нашей эры до начала III века нашей эры).

Одновременно с этим Цинский двор принялся заманивать ученых обратно на государственную службу. Создавалось множество доходных должностей и привлекательных sineкур. Например, финансировалось издание огромных энциклопедий, которые вообще не были предназначены ни для чего, кроме сохранения классических текстов и обеспечения

работой огромных групп образованных людей. Новое мышление оказалось путем к успешной карьере. На фоне выгодных государственных заказов необходимость практической пользы стала для многих казаться не столь уж очевидной. В конце концов, хорошая оплата сама по себе уже является практическим результатом. А для правителей Цин опасности свободомыслия и вовсе перевешивали любые возможные преимущества от новых идей.

Если разобраться, то в XVII веке китайские философы задавали точно такие же вопросы, что и европейцы. Однако, перед Китаем, как государством, не стояли глобальные задачи, требующие переоформить взгляды на Вселенную. Поднебесная была столь успешной и развитой страной, что ей просто не к чему было стремиться, кроме как к установлению полной внутренней стабильности. Неудивительно, поэтому, что новые математические методы оказались пущенными на исследования классической литературы. В обществе были слишком сильны позиции охранителей китайской ортодоксии. Европейцам позволялось иметь голос лишь в чисто механических вопросах. Большинство людей из правящего класса видели пользу от миссионеров лишь в том, что они делились своими, неизвестными в Поднебесной, практическими знаниями и навыками.

Иезуиты не сдавались. Несколько раз они устраивали с китайскими астрономами публичные состязания по предска-

заниям солнечных затмений. И всегда побеждали. Престиж миссионеров поднимался на небывалую высоту, но главной задачи это не решало. Иезуиты могли предсказывать затмение с точностью до нескольких минут (китайцы иногда ошибались на несколько дней), но для китайских судей этот результат всегда оказывался недостаточно хорошим. Несколько минут – это ведь тоже ошибка! Ни о каком масштабном плане внедрения европейской науки, а уж тем более христианства, не могло идти и речи. Правда, китайский календарь продолжал быть вопиюще неправильным, поэтому устраивались новые соревнования. И вновь побеждали иезуиты. И – ничего.

## О китайской реакции

Оказалось, что китайцев мало интересовала астрономия сама по себе. Их больше привлекали гадания и предсказания благоприятных дат. Само астрономическое бюро было лишь небольшим отделом министерства ритуалов. Новые методы расчетов позволяли точнее составлять гороскопы, но при этом китайцы категорически не желали отказываться от традиционной космологической системы. Соппротивление новым идеям поддерживалось кроме прочего и скрытой ксенофобией: лучше уж наша плохая астрономия, чем западные варвары.

Положение иезуитов стало стремительно ухудшаться. Они смогли добиться введения нового уточнённого календаря (который затем использовался китайцами вплоть до XX века), но попытки глубже заняться именно вопросами астрологии, привели лишь к конфронтации с имперскими чиновниками, посчитавшими, что европейцы лезут туда, куда их не звали. В итоге дело дошло до обвинений в заговоре, шпионаже и попытке вмешаться во внутренние дела. Увидев, что в спорах речь уже доходит до антигосударственной пропаганды, император дистанцировался от миссионеров. Многих из них заковали в кандалы и бросили в тюрьму.

Кроме прочего, научная работа иезуитов сопровождалась

проповедью христианских догматов – в частности осуждался ряд языческих китайских ритуалов и традиция иметь наложниц. Последнее окончилось тем, что император Канси (обладатель огромного гарема) объявил новые западные методы ложными. Более того, было объявлено, что европейские ученые знают лишь часть того, что знает сам император. Хоть какая-то связь Китая с западными знаниями оказалась прервана, и научный разрыв между Востоком и Западом начал стремительно расширяться, превращаясь в пропасть. Отдельные иезуиты продолжили работать в астрономическом бюро и служили переводчиками при китайском дворе, но никакого влияния они больше не имели. Католическая миссия в Пекине кое-как просуществовала вплоть до Боксерского восстания 1898–1901 годов, сопровождавшегося массовой резней христиан.

У читателя могло возникнуть ошибочное суждение, будто император Канси являлся тем самым человеком, личные предубеждения которого встали на пути прогресса. Но на самом деле, при Канси уровень развития Китая поднялся выше, нежели когда-либо прежде. Достаточно сложно давать обобщенные оценки, но считается, что до конца XVIII века Китай по социально-экономическим показателям во всем превосходил условный Запад. Спрашивается, зачем тогда Китаю были нужны эти варварские науки? Особенно с их странным богом, который запрещает монархам иметь налож-

ниц! Вполне разумным казалось свести любые контакты с подозрительными и агрессивными европейцами до минимума. Многие страны Юго-Восточной Азии тогда пришли к точно такому же выводу. В тех же местах, где европейцам разрешили действовать свободно, очень быстро начинался грабеж и бойня.

Китай не просто имел разумные основания отвергнуть предложенную европейскую науку, незадолго до этого Китай счел вполне целесообразным отказываться даже от собственных достижений!

## Экспедиции Чжэн Хэ

В начале лета 1492 года Христофор Колумб отправился из города Палос-де-ла-Фронтера на запад через Атлантику. Под его командой было 90 человек на трех кораблях. Желających профинансировать данную экспедицию Колумб не нашёл. Поддержка испанской королевской четы означала лишь то, что средства он искал самостоятельно за счёт недополученных государством налогов. Хороший друг предоставил Колумбу собственный корабль и дал еще немного денег в долг. Королева заложила свои драгоценности.

Справедливости ради заметим, что первая экспедиция Васко да Гамы 1497 года насчитывала уже четыре корабля и была полностью профинансирована португальской короной.

Итого – семь кораблей фактически определили будущее Европы. И мира.

А немногим ранее в 1405-1433 годах китайские императоры династии Мин отправили семь экспедиций в Индокитай, на Яву, Малакку, Суматру, Цейлон, Мальдивы, в Индию, Аравию и в Африку. Совершивший эти плавания «золотой флот» адмирала-евнуха Чжэн Хэ состоял примерно из 300 кораблей, среди которых имелись танкеры для питьевой воды и громадные плавающие сокровищницы. Последние, судя по всему, являлись самыми большими парусными деревян-

ными судами за всю историю человечества. Среди десятков тысяч китайских моряков встречались даже врачи и аптекари. Чжэн Хэ имел в своем распоряжении магнитные компасы и подробную карту Индийского океана. Колумб же, напротив, плохо понимал, где он находится и куда движется.

Тем не менее, эпоха походов «плавучих сокровищниц» оказалась недолгой. После 1433 года морская экспансия остановилась, финансирование кораблестроения было прекращено, и флот быстро пришел в полную негодность. Верфи разобрали, мастеров распустили, документы похоронили в архивах. После всего этого повторить путешествия Чжэн Хэ стало весьма проблематично, даже если бы подобное желание у кого-нибудь и возникло.

Хочется задать вопрос, почему китайские императоры утратили интерес к отправке кораблей в заморские плаванья, но это будет неверный вопрос. Правильный вопрос должен звучать иначе: почему китайские императоры вообще решили организовать подобные экспедиции? Ответ окажется несколько неожиданным: первая треть XV века отличалась совсем нетипичной для Китая энергичной и дорогостоящей дипломатической деятельностью. Император Чжу Ди по собственной прихоти решил усилить влияние Минской империи во всех четырёх сторонах света, хотя никаких политических или экономических предпосылок для этого не было. В самом деле – что ещё может быть нужно стране, способной снарядить флот из самых больших парусников в ис-

тории человечества? Но Чжу Ди полагал, что сможет существенно пополнить казну с помощью активной внешней торговли. Он ошибался.

Золотой флот приводил многих заморских правителей в трепет, но сами китайцы не стремились покорять новые территории. Они требовали простого формального признания китайского императора своим господином, после чего следовал обмен «данью» и щедрыми ответными дарами. Выяснилось, что другие страны слишком бедны по сравнению с Поднебесной, дабы торговля с ними могла принести заметные доходы. Китайская государственная «коммерция» предполагала целью хотя бы просто окупить расходы на содержание громадного флота.

В результате походы Чжэн Хэ в Западный океан обернулись баснословными убытками, сопровождавшимися смертью десятков тысяч моряков. Подобные экспедиции были признаны примером вопиющей неэффективности.

После смерти Чжу Ди (и его внука Чжу Чжанынцзи) не нашлось желающих продолжать развитие мореплавания. Большинство китайских императоров расценивали торговлю не как источник прибыли, а как возможность обогащения и возвышения нежелательных социальных групп (например, купцов). В итоге океанские путешествия оказались вовсе запрещены. Чиновники, желая воспрепятствовать растрате государственных средств и бесцельной гибели сограждан, уничтожили многие документы о плаваниях Чжэн Хэ.

## Еще о китайской реакции

Властями империи запрещали не только мореплавание. В XIV веке Китай отказался от использования прядильного станка, приводимого в движение энергией воды. В XV веке в стране были практически изъяты из обихода механические часы и свернута разработка механических приспособлений. В том же веке основатель династии Мин император Хун У повелел наказывать поркой всякого, кто без разрешения властей отправится на расстояние далее 35 миль от дома. Полагалось, что эта мера поможет придать Китаю образ буколического рая из «прошлого». Кроме того, Хун У попытался запретить серебряные монеты, дабы коммерция и деньги не разлагали стабильные отношения в обществе. Из этих же соображений вся внешняя торговля отдавалась под контроль государственных чиновников и официально называлась выплатой дани.

Орды кочевников столетиями накатывались на Китай и ассимилировались им, но никто не был заинтересован в изменениях – лучшим решением из века в век оказывалось восстановление старого порядка. Китайских императоры старались остановить в Поднебесной время, но их попытки не могли оставаться успешными бесконечно. В конце концов, страну настигла немезида. «Немезидой» назывался пер-

вый британский мореходный железный военный корабль.

# Опиумные войны

Иезуиты были не единственными европейцами, желающими проникнуть в Китай. Если оглянуться на первую половину второго тысячелетия, то Европа предстанет бедным отдаленным полуостровом на окраине огромного китайского мира, где находилось всё настоящее богатство. Доступ в Азию европейцам перекрывали сначала византийцы, а затем – мусульмане. Крестовые походы во многом представляли собой попытку пробить дорогу к азиатским рынкам через Ближний и Средний Восток. Когда это не сработало, некоторые авантюристы отправились морем на запад. Но и эта попытка также оказалась в некотором смысле неудачной: вместо «Индий» за морем обнаружилась Америка, торговать с которой было почти невозможно. Однако мировая торговая система все же начала стремительно меняться.

Да, Китай был сказочно богат, но его процветающая экономика испытывала дефицит серебряных монет. В Америке же оказалось много серебра. Испанцы заставили индейцев добывать серебро для европейских нужд, но вскоре добрая треть это серебра оказалась в Поднебесной. Из-за чая.

Торговля китайским чаем достигала астрономических масштабов. К 1790-м годам британская Ост-Индская компания ежегодно доставляла в Лондон 23 миллиона фунтов чай-

ного листа. Прибыль была огромной! Однако имелась одна проблема: европейская экономика не могла произвести почти ничего нужного китайцам. Правительство Поднебесной не испытывало интереса к ответному импорту британских товаров. Когда лорд Макартни приехал в Пекин добиваться открытия рынков, император Цяньлун решительно отказал ему, сообщив, что не имеет ни малейшей нужды в странных незамысловатых английских поделках:

*– Нам никто не нужен. Возвращайтесь к себе. Забирайте свои подарки!*

Китайские чиновники соглашались продавать чай исключительно за серебро. Каждый год его требовалось почти 700 тонн, и оно у европейцев начало банально заканчиваться.

Однако английским торговцам все-таки удалось найти товар, который, несмотря на мнение своего императора, желали покупать простые китайцы. Этим товаром был опиум, лучшие сорта которого выращивали в подконтрольной британцам Индии. Получилась идеальная торговая схема: англичане продавали китайцам опиум за серебро, использовали серебро для закупки чая, а затем продавали чай с еще большей прибылью в Лондоне. Приток серебра в Китай сменился его оттоком. Пекинское правительство запретило торговлю опиумом, но англичане продолжили ввозить его контрабандой.

Из-за повальной наркомании в стране начались серьёзные проблемы. Даже в императорском дворце располагались тай-

ные курительные комнаты для высших сановников. Император Даогуан отреагировал весьма жестко и объявил наркотикам войну. Китайские войска конфисковали и уничтожили несколько тонн опиума, а всем английским торговцам приказали убраться из страны. В Лондоне сочли это достаточным поводом для начала войны, и в Китай была отправлена небольшая эскадра с десантными войсками.

Далее последовала шокирующая демонстрация военной мощи промышленной эпохи. Новейший английский пароход с полностью железным корпусом – «Немезида» – разносил в щепки все, что ему противостояло. Плохо обученное средневековое войско Цинской империи, вооруженное в основном холодным оружием и устаревшей артиллерией, не смогло оказать хоть сколько-нибудь серьезного сопротивления. После ряда успешных военных операций англичане продиктовали запуганным императорским эмиссарам условия мира.

Император Даогуан и 300 миллионов его подданных оказались бессильны перед четырьмя тысячами европейцев. Китай был разгромлен, наркомания стремительно распространилась, началась гражданская война. Два тысячелетия социальной стабильности обернулись катастрофой. А спустя недолгое время Запад возжелал новых выгод и потребовал еще большего.

Вторую опиумную войну Китай тоже проиграл.

# О прогрессе

Существует обширная литература, объясняющая, почему Европа смогла в XIX веке нанести Востоку столь сокрушительное поражение. Нельзя сказать, что исследователи во всем согласны между собой, но среди важнейших факторов общепринято выделять появление западной науки. Почти бесплодная до того натурфилософия вдруг породила направление мысли, которое позволило европейцам в кратчайшие исторические сроки достигнуть потрясающих результатов. При этом никто и никогда не ставил целью создать то, что мы сегодня называем современной наукой. Более того, почти всю свою историю человечество (и это сходственно для всех людских сообществ на планете) стремилось создать нечто совсем иное. Наука сумела отвоевать место в умах людей потому, что она работает. Более того – по-настоящему работает только она одна, но данный критерий стал считаться важным лишь относительно недавно. Почти всегда новое считалось хуже старого уже просто потому, что оно – новое, и неважно, что при этом показывает практика. Примеры из истории Китая демонстрируют нам объективные причины принятия решений, которые с современной точки зрения кажутся неразумными и просто вредными. Императоры и их чиновники имели веские основания полагать, что внедрение

разнообразных новшеств наверняка приведет лишь к общественным волнениям и опустошению казны. Прогресс, как и любые изменения, не считался чем-то хорошим и желанным. Очевидная сиюминутная практическая польза оказывалась бессильной перед многовековыми традициями и нежеланием перемен. В Китае не случилось научно революции не потому, что ее никто не хотел, а потому, что ее просто некому было там хотеть – все считали ее ненужной и опасной. И действительно: Поднебесная вполне достойно просуществовала целых две тысячи лет, опираясь на традиционные методы, и никто в XVII веке не мог еще предвидеть, каким станет европейское вооружение через двести лет. Прогресса еще не случилось, поэтому не существовало и компетентных специалистов по прогрессу.

Аналогичным образом долгое время мыслили и европейцы.

В самом деле, достаточно точные размеры Земли стали известны грекам уже в III веке до н.э. Уровень загрязнения атмосферы в I столетии н.э. был таким высоким (по большей части из-за римских шахт в Иберии), что лишь совершившая промышленную революцию Британия XIX века смогла превзойти его. Однако насколько мы знаем, римлянам никогда не приходила в голову мысль отправить свои корабли на другой конец планеты. Да и практически это было едва ли осуществимо – античные моряки предпочитали не отплывать далеко от берега.

Конечно, какое-то развитие происходило, но его почти не замечали и воспринимали как неизменную данность. На протяжении почти всей истории человечества технологии изменялись невероятно медленно, а иногда даже наблюдались регресс. Миф о гибели критского царя Миноса из-за того, что царь Сицилии пустил гостю в ванную кипяток по трубам, считался фантастическим преувеличением даже в эллинистический период. Только в римское время в Средиземноморье появились бассейны с отдельными трубами для горячей и холодной воды. Сами римляне при этом очень долго изумлялись рассказам о том, что мог делать Архимед. Итальянские архитекторы XV века изучали разрушенные античные здания и убеждались, что исследуют более развитую цивилизацию. Никто не представлял, что наступит день, когда историю человечества станут рассматривать как историю прогресса. Лишь к середине XVIII века прогресс вдруг стал неизбежностью, и его начали искать и замечать во всей предыдущей истории.

Люди прошлого не просто знали меньше нас, они мыслили иначе, не разделяли наши понятия о том, каким образом и для чего следует изучать природу. Их взгляды на данный предмет являли собой галерею интеллектуальных спекуляций и грандиозных заблуждений. В школьных учебниках редко рассказывают, что Пифагор был основателем тоталитарной секты, Исаак Ньютон – алхимиком, Карл Линней – нумерологом, а Чарльз Дарвин – ламаркистом. При

этом нельзя просто сказать, будто все они заблуждались, так как попросту не знали того, что известно нам: подобный взгляд представляется сильным упрощением реальной ситуации. Как уже было показано на примере Китая, человеческая мысль всегда вырастает на социальной почве и выражает дух эпохи. По крайней мере, я стараюсь твердо придерживаться именно такой позиции, поэтому вполне могу признать некоторую «разумность» алхимической одержимости Ньютона, ведь он искал ответы на такие вопросы, которые мог и хотел задавать. А какие в принципе вопросы могли возникнуть у выпускника религиозного учебного заведения, преподавателей которого обязывали иметь духовный сан? А если учесть, что почти все, с кем Ньютон мог обсудить свои вопросы, также являлись выпускниками подобных же образовательных учреждений?

# Способы постижения мира

В замечательном фильме Тома Стоппарда «Розенкранц и Гильденстерн мертвы» присутствует характерный лейтмотив: Розенкранц постоянно замечает в окружающей реальности еще неизвестные в те времена законы природы. Он получает новые знания опытным путем, доверяя своим зрению, слуху и вкусу. Плоды его наблюдательности: гигантский гамбургер, бумажный самолетик, законы сохранения энергии и всемирного тяготения. Одновременно с этим Розенкранц совершенно нормально относится к тому, что монета восемьдесят раз падает орлом вверх, ведь таков факт, а с фактами не спорят. Гильденстерн напротив хочет понять логику происходящего именно своим умом. Он не готов довериться своим глазам или ушам, но желает путем рассуждений понять, отчего же монета падает именно так, а не иначе. Причем любые попытки Розенкранца продемонстрировать свои открытия Гильденстерну по недоразумению проваливаются: горшки бьются, самолетик ломается. Это прекрасная метафора всей истории науки. Природа открыта желающему ее увидеть, но тщательно прячет свои секреты от каждого, кто ей не доверяет. Так и человечество на протяжении всей своей истории слишком полагалось на разум, вместо того, чтобы ненадолго отвлечься от собственных мыслей и взглянуть на

окружающий мир. Два возможных способа постижения мира – практический и интеллектуальный – казались несовместимыми (точнее, практический способ вообще не считался пригодным), что приводило к тысячелетиям блуждания в потемках.

Именно поэтому, когда мне однажды потребовалось выступить с лекцией на тему возникновения и развития науки, я посчитал, что самым интересным будет рассказать не о великих открытиях, а о великих проблемах и об ошибках выдающихся мыслителей прошлого. В самом деле, прямое перечисление достижений быстро превращается в скучную дидактику, тогда как реальное развитие науки напоминает драматичную и динамичную трагикомедию. Ну, или это только я вижу ее в подобном свете. Впрочем, реакция зала подтвердила правильность моего решения – лекция о том, что такое «не наука», имела успех. Позже мне довелось выступать с этой лекцией еще перед несколькими аудиториями, и она раз от раза становилась длиннее и наполнялась новым занимательным материалом. Когда изначальные полчаса перевалили за полтора, я понял, что нужно остановиться и пожалеть слушателей. Редкая голова может воспринимать информацию дольше, чем способна выдержать спина. Кроме того, само повествование уже едва сохраняло целостность под грузом новых фактов.

В результате начала получаться книга, в которой история

науки рассказывается апофатическим способом – то есть таким, который раскрывает сущность предмета через понимание того, чем он не является. А поскольку большая часть человеческой жизни не является наукой, то объем охваченного материала получился внушительным. Долгое время я искренне надеялся, что смогу уложиться в формат одной, пусть и очень толстой книги, но постепенно принял неизбежное: я ограничусь в основном античностью и тем, что было до нее, причем некоторые вопросы (например, древняя медицина) окажутся нераскрытыми, поскольку это показалось мне излишним. Если стремится рассказать обо всем, то не сумеешь рассказать ничего. С другой стороны именно античные мыслители заложили тот фундамент, на котором стояла западная мысль вплоть до появления современной науки (и даже некоторое время после ее появления).

В любом случае выстроить главы в строго хронологическом порядке не получилось. После настоящего введения последует еще пара общих вступительных глав, призванных всецело погрузить читателя в рассматриваемую мной проблематику. Затем повествование последует соответственно хронологическому развитию – насколько это в принципе кажется мне уместным. Я сознательно по многим вопросам стану забегать вперед либо делать отступления в прошлое, дабы не приходилось писать одновременно о слишком многом. Каждая тема рассматривается, сколь это возможно, отдельно от остальных, одновременно вплетаясь в общее по-

вестование, дабы получалась максимально цельная картина. Отдельно вынужден попросить прощения у тех, кто не найдет в книге некоторых интересных именно им вещей: я старался не погружаться глубоко в те вопросы, в которых совсем уж мало разбираюсь.

Хотя начнется всё издалека – с искусства.

# ГЛАВА ПЕРВАЯ. ИСКУССТВО

## Аттестат Петра Первого

В мае 1697 года русский царь Петр на время покидает Великое посольство и морем отправляется в город Кенигсберг. Послы неспешно следуют намеченным маршрутом посуху, и поэтому, дабы не терять времени даром, Петр решает заняться изучением артиллерии под руководством прусского инженера Штейтнера фон Штернфельда. Позже, по возвращении в Москву, царь получает аттестат следующего содержания:

*Я, Генрих Штейтнер-фон-Штернфельд, священно-Римской империи благородный дворянин, его пресветлости курфюрста Бранденбургского над главной и полевой артиллерией благоучрежденный полковник, над всеми крепостями Прусского княжества верховный инженер, свидетельствую, что предъявитель сего московский кавалер, именован господин Петр Михайлов, в минувшем году был здесь, в Кенигсберге, благоизволил дать мне знать, что желает он изучать огнестрельное искусство, в особенности метание бомб, каркасов и гранат под моим руководством и наставлением. Я*

тем охотнее согласился удовлетворить его желание, что видел в нем высокопохвальное рвение к столь необходимому искусству, которым опытный офицер может заслужить благосклонность высоких монархов, и при первом разговоре с немалым удивлением заметил, какая понятливая особа ищет моего содействия. Начало предвещало доброе исполнение, и я тем ревностнее, без потери времени, как здесь, в Кенигсберге, так и в приморской крепости Пиллау, ежедневно господина Петра Михайлова не только в теории науки, но и в практике частыми работами собственных рук его обучал и упражнял; в том и другом случае в непродолжительное время, к общему изумлению, он такие оказал успехи и такие приобрел сведения, что везде за исправного, осторожного, благоискусного, мужественного и бесстрашного огнестрельного мастера и художника признаваем и почитаем быть может. В чем сим свидетельством явственно и непреложно удостоверяю. Посему ко всем высшего и низшего звания, всякого чина и состояния лицам обещаю мое покорнейшее, подданнейшее, послушнейшее служебное и приятное прошение, того прежде помянутого господина Петра Михайлова признавать за совершенного, в метании бомб осторожного и искусного огнестрельного художника, и ему, во внимании к его отличным сведениям, оказывать всевозможное вспоможение и приятную благосклонность; за что я со своей стороны буду признателен. Для подлинного удостоверения сие свидетельство я подписал собственною рукой и на-

*ивящие укрепил своей фамильной шляхетною вислою печатью.*

*Дано в Кенигсберге, в Пруссах, 2 сентября 1698 года.*

Если отвлечься от высот литературного стиля и произвести несложные арифметические подсчеты, то окажется, что в этом документе слово «наука» встречается лишь однажды, тогда как слова «искусство» и «художник» – по два раза каждое. Это может показаться несколько странным, ведь, как уже говорилось выше, Петр обучался вовсе не живописи, а осваивал мастерство инженера-артиллериста. Термин «художник» кажется тут неуместным, однако, в старых текстах слова часто имеют иные значения, чем это принято сегодня. Впрочем, некоторую ясность мы сможем получить, если разберемся с этимологией упомянутых понятий.

# Об изначальном понятии искусства

Само слово «художник» восходит к древнегерманскому слову, означающему человека, умеющего что-либо делать руками. Родственным тут является английское слово «*hand*» (рука). Можно сказать, что художник – это буквально «рукодельник», а в широком смысле – деятель искусства. Однако, с самим словом «искусство» разобраться будет уже не так просто.

Искусство (от старославянского «искоушь» – опыт) в нашем случае следует понимать, как чрезвычайно развитое мастерство в какой-то определённой области. Русское слово «искусство» напрямую соотносится с греческим «*τέχνη*» и латинским «*ars*», которые переводятся как мастерство, ремесло, умение. От этих слов происходят соответственно русское слово «техника», так и английское слово «*art*». Однако древние «*τέχνη*» и «*ars*» означали не совсем то же самое, что сегодня значит «искусство». С течением веков смысл этих понятий постепенно менялся.

Словами «*τέχνη*» и «*ars*» в античности обозначали не только и не столько изящные искусства, но также ремесла и науки. Искусством называли умение что-либо производить, а также знакомство с профессиональными правилами. Работа без правил по одной лишь фантазии не считалась искусством.

ством, но являлась его противоположностью. Так, например, греки не включали поэзию в искусства, поскольку считали ее вдохновением Муз. Зато искусством считалось мастерство создания предметов (столов, копий, одежды, скульптур), либо умение что-либо делать (выращивать оливки, убедительно говорить на публике, измерять поля).

# Свободные и механические искусства

Между художественными и ремесленными искусствами не видели особой разницы. Зато огромную разницу видели в том, требует ли конкретное занятие только лишь умственного труда, или также еще и физического. Полагалось, что работать руками недостойно свободного человека. Так, римляне одновременно восхищались творениями древних греков и презирали современных им греческих скульпторов.

Занятия, требующие телесных усилий, назывались *artes vulgares* – обычными искусствами (средневековье даст им название *artes mechanicae* – механические искусства). Умственные же занятия назывались *artes liberales* – свободные/вольные искусства. Естественно, что свободные считались несравненно более высокими. При этом живопись и скульптура, поскольку они требовали работы руками, относились именно к механическим искусствам.

Общепринятый перечень свободных искусств появился в раннем средневековье. Их было семь: гуманитарные (*artes rationales*) грамматика, риторика и диалектика; а также естественные (*artes reales*) арифметика, геометрия, астрономия и музыка. Причем музыку здесь необходимо понимать, как теорию гармонии, а не как создание мелодий, которое с древ-

них времен объединялись с поэзией. Еще Аристотель считал важным уметь наслаждаться музыкой критически, но одновременно полагал, что свободный человек будет играть или петь, только если он пьян. И в любом случае Аристотель не считал возможным обучать гражданина ни одному из ремесел, которое дает возможность зарабатывать деньги.

Три рациональных искусства называли, соответственно их числу, «тривиальными», а четыре реальных – «квадривиальными». Сначала преподавался тривиум, потом квадривиум. Каждая дисциплина считалась одновременно искусством и наукой: например, астрология была прикладным искусством, а астрономия – теоретической научной системой. В современном понимании это были исключительно науки, но в университетах они изучались на факультете искусств.

Окончившие данный факультет получали степень магистра, которая давала право поступления на один из старших факультетов – богословский, юридический или медицинский. Постепенно факультет искусств стал носить имя философского, поскольку изучаемые там искусства и составляли основу философии того времени, а степень магистра искусств была вытеснена степенью доктора философии. Даже современная западная система научных званий – доктор философии (*PhD*), доктор права (*DL*), доктор медицины (*DM*), доктор богословия (*ThD*) – отражает это древнее деление. Старшие предметы тоже называли науками, причем богословие и философия уже не имели соответствующего прак-

тического искусства, поскольку в университетах не читали курсы проповедования или прикладной философии.

Более того, среди наук существовала строгая иерархия. Богословы считали себя выше философов и требовали, чтобы те рационально обосновали веру в бессмертную душу (аргументы Аристотеля против бессмертия души были осуждены церковью). Философы указывали математикам, чтобы те исчислили любое движение на небесах как круговое, поскольку только такое движение полагали таким же неизменным и вечным, как сами небеса.

Механические искусства в средневековье также пытались свести к семи, но, поскольку их было значительно больше, то общепринятый перечень такого рода не сложился. Приходилось либо выбирать некоторые самые важные из механических искусств, либо же трактовать их максимально широко, что в любом случае оказывалось неудобно. Как бы то ни было, но ни один из известных нам средневековых списков механических искусств не включал, например, живопись или скульптуру, поскольку практическая польза от них в те времена была невелика.

# Разделение искусств, ремесел и наук

Такое соотношение понятий сохранялось до эпохи Возрождения. История современного взгляда на искусство началась на берегах реки Арно, когда жители Флоренции осознали, что их город является форпостом прогресса. Дабы причислить своих художников к сонму знаменитостей, флорентийцам понадобилось преодолеть в себе вековое христианское понимание отдельного человека как пассивного спутника истории. За человеком потребовалось признать деятельное начало.

Житель средних веков не мыслил себя творцом истории, которая всецело находилась в руках Бога. Единственной ценностью обладала лишь история библейская. Подобное отношение к поступкам человека в еще большей мере касалось его творений. А поскольку любые значительные произведения искусства чаще всего имели религиозный характер, то они находились в ведении Церкви, то есть – не принадлежали своему времени. Средневековая Европа создала подлинно христианскую цивилизацию, породившую целый ряд характерных именно ей памятников культуры, таких, как готические соборы или «Сумма теологии». Но то было своего рода внеисторическое время, заключенное между правлением императора Константина и тем моментом, когда в Тоскане,

наконец, вновь возгорелось творческое пламя человечества.

История возобновила свое течение. Причем, что удивительно, тяга к новизне родилась у итальянцев из желания воскресить античность, отказавшись от того, что являлось тогда действительно новым – от готики. Но готика стояла на месте и стремилась к небесам. А итальянцы стремились жить! Изменения и прогресс стали в их сознании восприниматься чем-то желаемым.

Теперь, чтобы понятие искусства обрело его нынешний смысл, необходимо было совершить две вещи. Во-первых, отделить науки и ремесла от искусств (а также присоединить к ним поэзию). Во-вторых, осознать, что оставшиеся человеческие умения составляют единое целое.

Вопрос с поэзией решился легче всего, ведь еще Аристотель трактовал правила трагедии как искусство. Конечно, средние века предали это забвению, но после появления в 1549 году итальянского перевода аристотелевской «Поэтики» принадлежность поэзии к искусствам быстро стала общим местом.

С другой стороны, общественная ситуация помогла отделению искусств от ремесел. Во времена Ренессанса прекрасное стало цениться сильнее, чем в древности, соответственно, изменился и статус его создателей, которые начали считать себя выше ремесленников. Популярность произведений искусства превратила их в средства помещения капитала.

Это укрепило финансовое положение художников и повысило их амбиции: отныне они хотели, чтобы общество воспринимало их деятелями свободных искусств.

Однако указанные амбиции стали мешать отделению искусств от наук. Художники сами желали перейти из ремесленников в категорию ученых, чье общественное положение было несравнимо выше. Эти притязания подкреплялись тем, что концепция искусства тоже опиралась на законы и правила, а расчет художественных произведений требовал математической точности. В самом деле: открытие перспективы требовало изучения геометрии, а скульпторы и архитекторы теперь опирались на исчисление пропорций по античным образцам. Подобные рассуждения можно встретить, например, у Леонардо да Винчи. Джованни Санти, отец Рафаэля, также отказывался считать живопись механическим искусством. Лишь в поздние годы Возрождения появилось понимание того, что искусство все-таки не делает того же, что наука. Возник протест против точной математической концепции творчества.

Понять, что изящные искусства являют собой однородный класс, оказалось намного труднее, чем отделить их от ремесел и наук. В языках просто-напросто не существовало терминов, которые могли бы их совместно описать.

Например, не было понятия скульптора, каким сегодня пользуемся мы. До конца XV века существовали различные

наименования для мастеров, работающих с камнем, металлом, деревом, глиной или воском. Вид используемого материала сильнее разделял этих людей, чем соединяла общая форма их творений. Так и сегодня мы отделяем плотника от каменщика, пусть даже оба они занимаются строительством домов. Лишь в XVI веке возникло общее понятие скульптора, не зависящее от используемого материала (общим стало название того специалиста, который изначально работал с деревом).

Одновременно, также в XVI веке, на основе нового понятия «искусство рисунка» сблизились, наконец, ранее несвязанные умения скульптора, художника и архитектора. Предполагалось, что именно рисунок и составляет их общность.

Впрочем, искусство рисунка еще не получалось совместить с музыкой, поэзией и театром. Осознание их близости уже появилось, но не был ясен объединяющий принцип. Рождение нового термина потребовало еще двух столетий. Лишь в XVIII веке возникло и закрепилось общепризнанное название «изящные искусства».

Отныне стало несомненным, что ремесла – не то же самое, что искусства; а наука – точно не живопись; и потому других искусств, кроме изящных, не осталось вовсе. На утверждение новой терминологии потребовалось еще столетие, и к середине XIX века значение слова «искусство» перестало охватывать науки, ремесла и умения. Старое название сохранилось, но содержание понятия изменилось полностью – ис-

кусством стали называть создание прекрасного.

Теперь, наконец, мы вновь можем вернуться к тексту аттестата Петра I. Поскольку данный документ был составлен еще в конце XVII века, то слова «художник» и «искусство» следует, как мы теперь знаем, понимать в том смысле, что царь освоил теорию и практику артиллеристского дела, в совершенстве научившись выполнять все необходимые для этого расчеты и технические действия. В те времена отделение изящных искусств от наук и умений не завершилось до конца, и словом «художник» называли любого, кто овладел навыками и мастерством в каком-либо деле.

Занятно, кстати, что и самое слово «артиллерия» имеет в своей основе корень «*art-arte*» и означает – искусство стрелять/метать. При этом не следует забывать, что в русском языке слово «техника» используется не только для обозначения разного рода механизмов, но и, например, в словосочетаниях типа «техника танца», «художественная техника».

# О причинах потребности в науке

На этом мы оставим наш небольшой экскурс в историю развития искусств, посоветовав, однако, читателю расширить свои знания в данной области самостоятельно. Наша же книга последует по своему намеченному пути и обратится теперь к не менее занятному вопросу, а именно – почему к концу XVII века именно механические искусства обрели вдруг столь большую популярность, что ими заинтересовались многие знатные европейцы, в том числе и русский царь? Отчего презируемые ранее занятия оказались вдруг столь привлекательны и востребованы?

Можно дать самый простой и очевидный ответ – потому, что они полезны. Да, это, безусловно, верно, но при этом абсолютно ничего не объясняет. Неужели древним египтянам или жителям Римской империи не пригодились бы ружья, пушки, большие парусные корабли, железные дороги, синтетические ткани, лекарства, телефоны, интернет и современная агрономия? Однако даже первые робкие шаги, сделанные в этом направлении отдельными мыслителями древности, оказались малоинтересны современникам. Таким образом, можно заключить: наука полезна там и тогда, где люди готовы ее принять, понять, а главное – где уже исторически объективно сложилась не просто возможность, но необходи-

мость ее использования.

Как же рождается такая необходимость? Дать достойный ответ не так-то просто, поэтому мы станем двигаться постепенно. На самом деле нужно разобраться в обратном. Иными словами, нужно не искать причины появления науки, но понять, почему потребность в ней не возникала раньше. Для этого нам потребуется глубоко погрузиться в прошлое средневековой интеллектуальной культуры, что, на наш взгляд, лучше всего сделать, рассмотрев историю университетов Европы.

# **ГЛАВА ВТОРАЯ. СРЕДНЕВЕКОВЫЕ УНИВЕРСИТЕТЫ**

## **Интеллектуальный и экономический климат Запада в начале второго тысячелетия**

К середине XI века устремления наследников Карла Великого свели интеллектуальное движение Запада исключительно к подготовке кадров для церкви и монархии. Закрываются почти все монастырские школы, где обучали грамоте деревенских детей. Главный каролингский идеолог Алкуин провозглашает королевство франков наследником Рима, но переписываемые монахами латинские манускрипты никто не читает. Они ложатся на полки скрипториев до лучших времен. Великолепные книги создаются для роскоши. Наука превращается в сокровище. Величайший мыслитель эпохи – неоплатоник Иоанн Скот Эриугена – оказался малоинтересен современникам. Христианство победило, история остановилась. Любые изменения пресекались феодалами ра-

ди сохранения собственной власти. Клирики молились, дворяне защищали, крестьяне работали. Останки римских городов давали убежище лишь горсткам жителей. Греческий язык был забыт.

Но к X веку в Европе заметно теплеет, урожаи растут, и, как следствие, стремительно увеличивается население. Старые наделы уже не могут обеспечить пропитанием всех. Начинается массовая внутренняя колонизация европейского континента – люди расселяются с побережий и речных террас на холмы, осушают болота и расчищают леса под поля и пастбища. Площадь пахотной земли непрерывно растет. Происходит переход от двуполья к трехполью, появляются плечевой хомут и плуг с боковым отвалом, крестьяне начинают подковывать рабочих лошадей. Все это еще сильнее повышает урожайность. Вместо хуторов и крестьянских дворов формируются деревни. Производится все больше прибавочного продукта.

Богатый мусульманский мир сразу же начинает проявлять интерес к излишкам западных ресурсов, поэтому постепенно для нужд торговли начинают формироваться новые европейские портовые города. Там история возобновляет свой ход, там множатся виды профессий и ремесел. Именно туда вместе с восточными товарами в XII столетии приходят греческие и арабские рукописи. В ортодоксальной Византии труды античных философов сохранили христиане-еретики и евреи. Мусульманские школы с большим интересом отнес-

лись к этим сочинениям и даже дополнили их. Теперь мудрость древних стала, наконец, возвращаться обратно на Запад. Появляются латинские переводы геометрии Евклида, медицины Гиппократ и Галена, астрономии Птолемея, логики и физики Аристотеля. К этому добавляются математика Аль-Хорезми, медицина Авиценны, философия Аль-Фараби и Аверроэса, а также арабские астрономия, ботаника и алхимия.

Другим результатом накопления богатств в Европе стало то, что все больше людей могло вовсе не быть занято в сельском хозяйстве, переключившись на иную деятельность. Так на Западе вновь появились и другие, не портовые, города – центры ремесла, центры производства промышленных товаров. Силой оружия эти города очень рано смогли отстоять свою независимость перед местными феодалами. Туда из портов перетекали товары, а вместе с ними и новые знания, которые быстро распространялись по Европе и закреплялись на перекрестках торговых путей. Интеллектуальное знамя античности, как это и предсказывал Алкуин, подхватывает Франция. Главным центром учености, естественно, становится новая столица Капетингов – Париж. Там уже были крепки древние традиции теологического образования, но теперь в церковных школах священники начинают также изучать диалектику, опирающуюся на рациональные способности разума. Старая монастырская среда сразу же встает

в оппозицию к новым городским клирикам и отказывается признавать учение Христа совместимым с учением Аристотеля.

Самый яркий представитель этой консервативной партии – Святой Бернард Клервоский. Истинный сын эпохи феодализма, мистик, проповедник крестовых походов и создатель духовно-рыцарских орденов он признавал одну лишь грубую силу в качестве орудия борьбы. Бернард просто не видел никакого смысла в спорах с несогласными. Благодаря огромному авторитету он фактически диктовал свою волю папам и королю, требуя наказать любого, кто хотел привнести опасные новшества. Именно при жизни святого Бернарда в городах под влиянием разделения труда появляется особый тип человека, чьим ремеслом становится интеллектуальная деятельность.

# Пьер Абеляр

Первым выдающимся интеллектуалом нового типа становится родившийся в 1079 году сын мелкого феодала Пьер Абеляр. Он с радостью отрекается от военных битв ради других сражений. Блестящий знаток новой диалектики – Абеляр одного за другим громит в публичных диспутах старых парижских мэтров богословия, похищая у них всех слушателей. Из рук в руки переходят записи его лекций.

Блестящий логик, Абеляр, дает западной мысли первое рассуждение о методе. В своей книге «Да и Нет» он приводит аргументы за и против различных тезисов, не пытаясь прийти к какому-либо заключению, но описывая сам процесс рассуждения. Книга пробудила христианский мир от догматической спячки, уверенно заявив о потенциальной силе разума. Из показанной пользы рассуждений сразу же вытекала необходимость науки о языке. Требовалось установить четкое соответствие между словами и обозначаемой им реальностью. Ибо слова – это инструменты интеллектуала.

Но коль скоро разум провозглашен выше догмы, то Абеляр выдвигает тезис о союзе разума и веры: теологи должны не повторять богословские истины, но понимать их, ведь нельзя верить в то, чего не разумеешь. Внутреннее раскаяние верующего, понимание им своего греха признается важ-

нее механического исполнения наложенной епитимьи.

Популярность Абеяра и оригинальность его мыслей оказывается столь высокой, что завистники старой школы интригами изгоняют его из Парижа. Он триумфально возвращается, поскольку ученики жаждут новых лекций. Тогда враги обвиняют Абеяра в соращении ученицы Элоизы, врываются к нему ночью и силой оскоряют. Мало того – Абеяра запирают в монастыре и сжигают его книги на костре. Но толпы учеников следуют за любимым мэтром и селятся вокруг монастыря, чтобы обучаться дальше. В итоге Абеяра снова возвращается в Париж, причем злочключения лишь увеличили число его поклонников.

Столкновение со святым Бернардом было неизбежным (удивительно, что оно вообще произошло столь поздно). Бернард прибывает в Париж и пытается вразумить студентов, но его усилия оказываются тщетными. Увидев в этой неудаче лишь доказательство вины Абеяра, Бернард организует обвинительный Собор, а затем вырывает у папы суровое осуждение зарвавшегося еретика. Абеяра вновь заточают в монастыре, на этот раз он сломлен уже навсегда.

Старая школа выиграла первый бой. Но не войну.

# Шартрский дух

Другим важным интеллектуальным центром того времени является Шартр, где пошли иным, нежели Абеляр, путем. Тут предпочли изучать не столько слова, сколько вещи; не грамматику и диалектику, но математику. Греко-арабская традиция способствовала здесь развитию духа любознательности и исследований. Увы, но в XII веке эти понятия считались антагонистичными рациональности, ведь опыт постигает лишь отдельные явления, тогда как разуму полагалось объять всю реальность целиком.

Шартрский дух зиждился на вере в разумное и постигаемое устройство природы. Мир еще не понят, но понять его возможно и даже необходимо! Бог создал природу и дал ей законы, которые может постичь наделенный разумом человек. Более того – он может преображать мир своей деятельностью. И хотя XII век еще в основном мистичен, но, как мы видим, уже тогда делались первые шаги в сторону десакрализации мира.

В самом деле, городской интеллектуал теперь и сам смотрит на вселенную как на стройку или фабрику. Любой человек в городе является мастером, преобразующим и творящим. Задача интеллектуала – не копить знания, но с общей пользой пускать их в оборот. В новом мире оказывает

ся недостаточной старая система свободных искусств. Кроме них теперь необходимо изучать также физику, механику, экономику, этику и политику, ведь они являются важной частью человеческой деятельности. Постепенно в программу церковного образования включают всё, что удастся без скандала заимствовать у новаторов. Так Петр Ломбардский и Петр Коместор новаторски комментируют библию, доступно излагая мысли отважных первопроходцев для осторожных умов.

Разумеется, ремесленники разума, как и все прочие, стремятся организовать себя внутри корпоративного движения растущих городов. Это их стремление привело в итоге к возникновению университетов, которые, впрочем, являются детищем уже XIII века.

# Появление университетов

К началу XIII столетия церковные школы уже готовят компетентных священников, администраторов, юристов, нотариусов и медиков. Поскольку испокон веку образование находилось исключительно в ведении церкви, то преподаватели и просто образованные люди являются клириками и считаются подданными местных епископов. Одновременно с этим набирающие силу короли желают распространить своё влияние на любые корпорации, а городские коммунальные власти пытаются взять преподавание под собственную юрисдикцию. На фоне стремительного объединения ремесленников в цеха, преподаватели и студенты также организуются для защиты собственных интересов и прав. Борьба ведется сразу по всем направлениям.

Так болонская школа правоведения помогает германскому императору Фридриху Барбароссе урегулировать отношения с итальянскими городами, получает от него за это ряд привилегий и свобод, создает университетскую корпорацию и забастовками отстаивает свою независимость перед архи-диаконом и городскими властями.

В Париже несколько церковных школ объединяются вокруг Сорбонны и кровавыми стычками с королевской полицией, а также двухлетней забастовкой добиваются права

местной автономии, подчинившись непосредственно лишь папе.

В Англии Генрих II Плантагенет запрещает студентам учиться во Франции, что заставляет многих из них перебраться в Оксфорд, где также обосновались члены разных монашеских орденов. Это приводит к постепенному образованию местных колледжей и последующему объединению их в университет, который серией политических конфликтов с Иоанном Безземельным и Генрихом III завоевывает для себя многие свободы.

Успехи забастовочного движения объясняются в первую очередь тем, что города, короли и церковные власти уже не могли обходиться без постоянного притока новых профессиональных чиновников, администраторов, управленцев и советников.

К тому же университеты с радостью переходят под защиту папства, считая такое покровительство менее обременительным и более полезным. Святой престол видит в новых интеллектуалах мощный эффективный рычаг для расширения своего влияния в городах и королевствах Европы. Как следствие, университетская корпорация распространяется целиком на весь христианский мир. Образование оказывается особым интернациональным средневековым институтом. Так университет составляет отдельную часть Парижа, наравне с большим городом и Сите.

Парижский университет вообще можно считать типичным для Европы. Он состоит из четырех факультетов: свободных искусств, медицины, права и теологии. Эти факультеты, по сути, являются цехами со своими мастерами (магистры и доктора), подмастерьями (бакалавры) и учениками. Три высших факультета управляются деканами. Глава факультета свободных искусств, в силу многочисленности и, как следствие, богатства последнего, является еще и ректором. Преподаватели и студенты делятся также на группы согласно языку и месту рождения.

В той или иной степени, сходная структура существует и в других городах. Хотя специализация наметилась почти сразу: Париж славится теологическим факультетом, Болонья – юридическим, Монпелье – медицинским. В первую очередь это зависит от того, из каких школ изначально формируется та или иная корпорация.

В средневековых университетах могли давать также среднее и даже начальное образование, но, разумеется, большинство студентов поступало туда именно ради ученых степеней. Только университеты могли присуждать их – то есть выдавать цеховые свидетельства на право заниматься интеллектуальной деятельностью в границах христианского мира.

# Учебная программа средневековья

Обучение свободным искусствам обычно начиналось в 13-14 лет. Единственным требованием к абитуриенту было умение читать, писать и изъясняться на латыни.

От античности Европа знала лишь некоторых классических авторов да кое-какие энциклопедические своды, но теперь объем изучаемых текстов постепенно увеличивается. Учебная программа начиналась с латинской грамматики, которая неизменно являлась сущим наказанием для студентов. Основными пособиями тут выступали «Малая грамматика» и «Большая грамматика» Элия Доната, а также «Установления грамматики» Присциана Цезарейского: мудрёные запутанные руководства, которые не всегда понимали даже учителя. Считалось необходимым прочитать все доступные латинские тексты и научиться писать стихи размером древних римских поэтов.

Риторику полагали скорее вспомогательным умением для публичных выступлений, необходимым в первую очередь для юристов, и изучали на примере трудов Цицерона или Августина.

Логику изначально рассматривали по немногим, выполненным еще Боэцием, латинским переводам Аристотеля, а также по упрощенному пересказу трудов Аристотеля, све-

денному Петром Испанским в учебник «*Summulae logicales*». По большей части эти книги элементарно зазубривали. Однако повторное открытие полного корпуса работ Аристотеля позволило поднять изучение логики на невиданную прежде высоту. Его же произведения стали учебниками физики.

Математику изучали по «Основам арифметики» Боэция (его переводам греческих пифагорейцев), по переводам трудов Евклида и аль-Хорезми, «Книге абака» Леонардо Фибоначчи, работе «Алгоритм» Иоанна Сакробоского и другим трудам. Считалось, что овладеть арифметикой и геометрией – весьма непростая задача, хотя, возможно, это в первую очередь объяснялось частым невежеством преподавателей.

Музыку изучали по «Основам музыки» Боэция – тоже переводу греческих авторов.

Средневековая астрономия сводилась к освоению принципов составления календаря, к соотношению солнечных и лунных месяцев, определению дней солнцестояний и равноденствий, а также расчету движения планет по небу. Самым популярным учебником для этого являлся «Трактат о сфере» Иоанна Сакробоского, основанный на «Альмагесте» Птолемея и арабских комментариях к нему.

Прослушав за три-четыре года установленное число курсов, студент мог попытаться получить степень бакалавра. Для этого требовалось провести дискуссию с наставником, затем подтвердить знания учебной программы перед собранием магистров и после этого выдержать публичный диспут

перед рождеством. Предписывалось также прочитать ряд самостоятельных лекций во время поста, подтвердив тем самым свою квалификацию.

На магистра искусств учились уже от пяти до семи лет. Экзамен включал в себя написание комментариев на заданный отрывок, а также ответы на вопросы от специального жюри. Лицензия вручалась почти сразу, однако реально магистром человек становился только через полгода, после участия в торжественной дискуссии.

Провалы на экзаменах случались редко, поскольку туда допускали только тех, в ком заведомо не сомневались. В среднем, экзамен на бакалавра искусств держала лишь треть от общего числа студентов, и совсем немногие из них в итоге становились магистрами. Продолжать образование стремились немногие, а если и стремились, то в основном, по юридической части. На богословском и медицинском факультетах могло обучаться всего по несколько человек.

Студенты юридического факультета должны были семь-восемь лет штудировать гражданское право по Кодексу Юстиниана, после чего получали право держать экзамен на бакалавра. Желаящие стать бакалавром канонического права учились не менее шести лет. На лицензию доктора можно было претендовать лишь после еще сорока месяцев обучения. Причем позволялось учиться отдельно по каноническому или гражданскому праву, либо же попытаться получить

обе степени сразу.

Выпускники-юристы с полным основанием рассчитывали на значительные доходы и высокие государственные должности, поэтому даже иерархи церкви предпочитали изучать право, а не богословие.

На медицинском факультете студентам читали курсы на основе трудов Галена, Гиппократов и Авиценны. Изучалась физиология, болезни, методы лечения, виды лихорадок. Магистры искусств учились на бакалавра медицины 34 месяца, не имеющие данной степени – 48 месяцев. Экзамен на бакалавра состоял из двух этапов: защита перед наставником и защита перед собранием докторов факультета. До получения лицензии доктора требовалось пройти еще четыре курса медицины, после чего претендент защищал два тезиса и сдавал испытание по анатомированию трупа. Отметим, что законно раздобыть труп для вскрытия было весьма проблематично, и подобное позволялось лишь с особой санкции ректора.

Немалым почтением у медиков пользовалась астрология, поскольку считалось, что звезды с планетами оказывают существенное влияние на зарождение и течение болезней.

В середине XV века врачи первыми избавились от необходимости носить духовный сан, хотя на практике многие из них не имели его и раньше. Выпускники медицинского факультета являлись в первую очередь теоретиками, а их услугами предпочитали пользоваться зажиточные люди. Беднота

обращалась к хирургам, аптекарям или цирюльникам, которые в основном насмехались над дипломированными докторами за их невежество во всех практических вопросах. Университетские медики отвечали конкурентам корпоративным презрением.

Дольше всего изучалась теология. Суммарно, чтобы стать магистром богословия, студент тратил от двенадцати до пятнадцати лет, причем эта степень в любом случае не присуждалась людям моложе 35 лет. Одна только Библия толковалась четыре года, затем два года изъяснялись «Сентенции» Петра Ломбардского. В связи такими сроками даже степень бакалавра теологии пользовался огромным уважением и престижем. Монахи обучались по упрощённой схеме, что всегда вызывало недовольство других студентов. Экзамен на доктора теологии состоял из двух диспутов, на одном из которых присутствовал епископ, а также из пробного урока перед новыми учениками.

# Диспут

Единого стандартного учебного года, как и установленного периода каникул, не существовало – образовательные циклы привязывались к датам религиозных праздников, и они отличались от города к городу.

Расписание занятий, напротив, почти везде оказывалось схожим. По утрам читались основные (ординарные) лекции: доктора либо магистры зачитывали текст изучаемой книги, выделяли главную проблему и разбивали её на вопросы. После полудня проводились, зачастую уже бакалаврами, дополнительные (экстраординарные) лекции, где разъяснялись утренние занятия или какие-то дополнительные вопросы. Студенты под диктовку записывали тексты книг в тетради, стремясь научиться выделять основную проблему. Также считалось важным овладеть умением вести полемику, поэтому регулярно проводились диспуты на заданную тему, а иногда – о чём угодно.

Диспут являлся «рыцарским турниром» для интеллектуалов, проводившимся по строгим правилам и привлекавшим множество зрителей. Обсуждаемый вопрос заранее утверждался ведущим поединок мэтром, за которого, впрочем, диспутировал его бакалавр, поочередно отвечая на аргументы сначала других докторов, затем бакалавров, и в самом

конце – студентов, если тем ещё было, что добавить. Позже, по завершении диспута, мэтр собирал воедино все услышанные против своего тезиса возражения, приводил их в законченную логическую форму, последовательно отвечал на них и подробно разъяснял свою позицию.

Но, конечно же, наибольший интерес вызывали предложения рассмотреть любую проблему по желанию публики. Такие диспуты начинались засветло, а заканчивались зачастую уже поздно вечером. Недостатка в желающих задать вопрос мэтру обычно не наблюдалось. Иногда к нему обращались с искренней просьбой разъяснить какую-то проблему, но гораздо чаще его пытались запутать, подловить на противоречиях, поставить в неловкое положение, вытянуть из него неудобные или даже опасные мысли по рискованным темам. Только обладатели быстрого ума и незаурядной эрудиции могли выйти победителями в подобных поединках.

# Схоластика

Популярность диспутов родилась из главного инструмента средневекового интеллектуала – схоластики. Сегодня о ней редко говорят без насмешек, но тогда она казалась надежным средством отыскания истины. В самом деле, после веков «святого неведения» обращение к разуму выглядело, безусловно, здравым решением. Люди поверили, что путем одних лишь рациональных суждений смогут найти ответ на любой вопрос.

В полном соответствии с наследием Абеяра, схоластика начиналась с грамматики. Мыслитель-ремесленник средних веков считал слова своими инструментами, а посему ему было важно четко определить их отношение к бытию. Требовалось с абсолютной точностью понимать смысл любого высказывания. Это рождало споры.

Определившись со смыслом начальных посылок, схоластам было необходимо сконструировать надежную систему процедур, способных в любой ситуации раскрыть исследуемую проблему, распутать всякие противоречия и убедить оппонентов. Так развилась диалектика, опирающаяся не на одни лишь слова, но на действия мысли, на аргументы и контраргументы, на логику. Это тоже рождало споры.

Однако сами по себе изначальные послышки нужно было

где-нибудь взять. Поэтому схоластика обращается к авторитетам античной, арабской и христианской мысли. Но Библия, отцы церкви, греки, римляне, арабы – они не говорили одного и того же, они во многом противоречили друг другу. И это также рождало споры.

Так теология возносится на вершину наук – истина может быть открыта в полном объеме, но пока еще никто не овладел ей полностью. А посему главная цель интеллектуала заключена в глубоком синтезе. Древние мудрецы сказали далеко не всё необходимое, но этого, несомненно, вполне достаточно, чтобы с помощью логики постичь, наконец, веру разумом. Желавших сказать последнее слово оказалось немало, и потому спорам не было конца. Главным предметом всех дискуссий являлись комментарии к текстам – попытки их логического анализа, выявления главного смысла и выведения новых актуальных следствий. Университетские доктора чувствовали в себе достаточно сил и способностей, чтобы ставить под вопрос и подвергать анализу любой текст. Так рождались новые оригинальные мысли, но эти мысли сразу же вели к спорам.

В период своего рассвета схоластика помогла западной культуре совершить решающий шаг – поддержать пылкие умы в поисках новых идей. К концу средневековья, запутавшись в цепях собственного метода и оставшись, по сути, детищем XIII века, схоластика уже не давала новых плодов и вызывала одно лишь презрение. После наступления эпохи

барокко устаревшая, но крепко засевшая в университетах схоластика уже возбуждала лишь обоснованную неприязнь.

# Книги

Коль скоро основой образования становятся тексты, то фундаментом обучения делается книга. Она перестает быть исключительно предметом роскоши, превращаясь в рабочий инструмент, которым пользуются многие и пользуются часто. Да, книги все еще стоят дорого, но все же они постепенно становятся доступней, меняется их облик. Благодаря прогрессу в изготовлении пергамента страницы книг получают тонкими, гибкими и легкими. Формат книги уменьшается, чтобы ее было удобно держать в руках. Тростинка в руке переписчика сменяется гусиным пером, что упрощает и ускоряет работу, а также приводит к появлению готического минускула. Миниатюры и прочие украшения остаются лишь в манускриптах у состоятельных юристов, тогда как остальные книги оформляются в основном уже без лишней вычурности. Сами книги стремительно наполняются сокращениями, нумерацией разделов и рубрик, появляются оглавления и алфавитные списки. Никогда прежде тексты не были такими понятными и такими доступными для читателя.

А раз имелся спрос, то книга превратилась в товар. Переписчики и библиотекари быстро занимают важное место в университетской жизни.

# Истоки университетских кризисов

К сожалению, описанная университетская структура таила в себе множество противоречий, повлекших целый ряд непрерывных кризисов.

Самым первым вопросом, разумеется, был финансовый. Жизнь в городе стоила недешево, книги и учебные принадлежности – тоже. Мэтры, как и прочие ремесленники, считали естественным брать плату за свой труд с тех, кто им пользуется, – с учеников. Одновременно с этим римский престол настаивал на бесплатном образовании, ведь знания есть божий дар, доступ к которому должен быть равным для бедного и богатого. Доходы преподавателей осуждались, как недостойные. Разумеется, полностью устранить плату за обучение не удавалось, но папство старалось изыскивать средства на поддержку университетов. Это означало, что все профессора неизменно становились служителями церкви, клириками. Немногие светские школы могли учить лишь письму, счету, иностранным языкам – минимуму того, что в первую очередь требовалось купцам.

Влияние церкви распространяется и на учебные программы. Медицина и гражданское право подвергаются нападкам, поскольку они далеки от религиозной проблематики. Роджер Бэкон – достаточно прогрессивный для своего времени мыс-

литель – полагал, что гражданским юристам не место в рядах церкви. Для богословов считалось недостойным излишне увлекаться натуральной философией, которой отводилась роль служанки теологии.

Поскольку никакой серьезный спор с Римом был в принципе невозможен, то очень быстро возникает пропасть между профессиональной подготовкой интеллектуалов и требованиями технической, экономической и социальной эволюции общества. Связь науки и практики оказывается парализованной на несколько столетий.

Другой стороной религиозного статуса оказалась оппозиция обычных университетских клириков растущему числу мэтров из монашеских орденов.

Доминиканцы сразу же устремляются в университеты, поскольку для аргументированной борьбы с ересями им требовалась серьезная интеллектуальная подготовка. Францисканцы, напротив, поначалу держатся взглядов своего основателя, считавшего науку препятствием для чистой веры, но постепенно они отходят от такой позиции и тоже начинают проявлять интерес к образованию. Первое время монахов встречают хорошо, но вскоре начинаются стычки.

Разногласия носят чисто корпоративный характер: монахи получали степени по теологии без предварительного обучения свободным искусствам, читали лекции во время университетских забастовок, жили на милостыню и потому не

требовали платы за свои курсы. Многим студентам нравилось учиться у монахов – те часто оказывались неплохими лекторами.

Накал борьбы стремительно возрастает и переходит на догматический фронт. Мэтры-клирики в бессилии и ярости начинают огульно обвинять монахов в лицемерии, алчности, жажде власти и, наконец, в ересь. Римский престол не упускает возможность заступиться за верные ордена, чем укрепляет свой авторитет и жестко ставит зарвавшихся профессоров на место. Ремесленный дух интеллектуалов получает серьезный удар от религиозного мировоззрения.

С другой стороны, именно монахи оказываются лучшими умами схоластики, на вершине которой, безусловно, возвышается доминиканец Фома Аквинский.

Увы, сама схоластика тоже таила в себе противоречия. Для нужд средневекового христианства – за неимением других средств – приходилось приспособливать авторов давно несуществующей эпохи. Свежая рациональная мысль так и не сможет полностью вырваться из плена античности. Университеты появляются как корпорации тружеников, но древние авторы видели в труде презираемый удел раба. Аквинат перенимает подобный взгляд у Аристотеля.

Так схоластика сама отказывается определять свое место в рядах городской стройки, назначает себе привилегированное положение и тем самым подрывает основу своего суще-

ствования. Творческий созидательный человеческий труд и университетская наука пойдут различными дорогами.

# Споры вокруг Аристотеля

Но, конечно, крупнейшим яблоком раздора для схоластики оказалось соотношение веры и разума. Главные интеллектуальные битвы тут гремели, конечно же, вокруг Аристотеля. Вспомним, что даже XII столетие знало его в первую очередь как логика – еще в VI веке Боэций перевел на латынь и прокомментировал аристотелевские «Категории», «Об истолковании», первую «Аналитику», «Топику», «Софистические опровержения», а также «Введение в «Категории» неоплатоника Порфирия. В XIII веке из исламского мира в Европу приходит «новый» Аристотель – физик, этик и метафизик. Причем он появляется как сам по себе, так и в формате законченных арабских философских систем Авиценны и Аверроэса. Соединить вновь обретенную мудрость с христианством оказалось непросто.

Одна группа схоластов, во главе с доминиканцами Альбертом Великим и его учеником Фомой Аквинским решает примирить Аристотеля с Писанием, создав законченную синтетическую конструкцию, известную нам под названием томизма. Предполагалось, что догматы веры можно полностью постичь разумом. Нужно признать, что Аквинат порой, не стесняясь, подгоняет свои «беспристрастные» логические построения под уже заранее известные ему церковные поло-

жения.

Другая группа схоластов, объединила мэтров-клириков вокруг профессора факультета искусств парижского университета Сигера Брабантского. Там формируется ядро латинского аверроизма, отстаивающего учение о двойственности истины. Вполне допускается, что между выводами разума и истинной Библии возможны разночтения, но при любых подобных конфликтах, разумеется, постулируется очевидная необходимость держаться божественного Откровения. Альберт Великий считал Аристотеля обычным, пусть и многоумрым, человеком, способным ошибаться, как и все другие люди. Сигер Брабантский, возражал, ведь будь Аристотель обычным человеком, то за полторы тысячи лет хоть кто-нибудь смог бы существенно дополнить или исправить его труды, однако подобного не произошло.

Спор томистов и аверроистов чуть не расколол парижский университет, но взгляды последних в итоге признаются еретическими. Сигера Брабантского таинственным образом убивают прямо во время разбирательства его дела папским двором.

Казалось, что приверженцы логически выверенной рациональной томисткой конструкции могут торжествовать, но тут неожиданный удар наносит уже знакомая нам партия старой религиозной мысли. Объединившись под знаменами святого Августина, она решает опереться на авторитет Пла-

тона, переводы трудов которого (как и его последователей неоплатоников) попадают на Запад одновременно Аристотелем. Неоднозначные и метафоричные тексты Платона прекрасно подходят августинианцам, дабы отстаивать консервативные позиции, оспаривая любые рациональные нововведения.

Популярный в первой половине средневековья мистический христианский неоплатонизм получил мощную теоретическую поддержку и ринулся в контратаку. Святому Фоме и его сторонникам вменялось то, что увлечение Аристотелем способно завести их чересчур далеко, а в качестве примера приводились крайние тезисы соперника томистов Сигера Брабантского: двойственность истину, вечность несотворенного мира, неспособность Бога предвидеть будущее. Столь нехитрая тактика работала на удивление успешно, ведь для сторонних наблюдателей все разновидности аристотелеизма казались почти одним и тем же. Бури споров гремели все XIII столетие, сотрясая университеты в бесконечных кризисах.

# Разум и опыт

Еще одним крепким орешком для схоластики стала задача примирения теоретических построений и практического опыта. Медики, а также и оптики (в те времена оптика считалась разделом геометрии), уже понимали, что в их деле мало чему можно обучить одними лишь речами. Аверроэс настаивал, что врачу нужно совмещать в своем образовании, как изучение теории, так и практические занятия. Однако во Франции победа доминиканцев над аверроистами ставит крест на научном признании важности эмпирического опыта. Если даже Откровение можно постигнуть одним разумом, то уж оптику и медицину – тем более!

Однако английская научная школа в лице оксфордских профессоров Роберта Гроссетеста и его ученика францисканца Роджера Бэкона решается дать бой на этом поле. Их позиция вполне ясна: логических аргументов недостаточно, необходима проверка опытом. Гроссетест пишет труды по математике, оптике и астрономии. Бэкон занимается химией, физикой, оптикой, медициной, криптографией, разоблачает суеверия, прогнозирует появление многих технических приспособлений, обосновывает необходимость математизации всех наук. В своих работах он яростно критикует бесплодность схоластики, осуждая невежество ее авторитетов:

Альберта Великого и Фомы Аквинского.

Это борьба не остается незамеченной – Бэкона обвиняют в ереси и на долгие годы сажают под арест. Когда заключение все же заканчивается, он и его последователи-францисканцы отважно продолжают развивать свои взгляды.

Но решающий удар по схоластике со стороны эмпиризма будет нанесен еще нескоро.

# Гибель университетского духа

Пока же, в конце XIII века, схоластика пребывает в зените своего могущества. Интеллектуалы средневековья не могут противостоять главному искушению эпохи – возможности стать европейской технократией. Они занимают почти все самые высокие посты и должности: епископов, советников, министров. Университетская корпорация всерьез рассчитывает встать выше короля и Церкви. Уже известный нам Роджер Бэкон настаивает, что именно совету лучших профессоров предстоит руководить христианским миром. Обладатели докторских степеней действительно добиваются равенства с рыцарями и даже получают право носить оружие. Теперь магистр – не просто глава университетской мастерской, но благородный господин, воспринимающий студентов почти как вассалов.

Интеллектуалы XII и XIII веков мечтали о том, что свободные искусства станут полезными для механических. К XIV столетию их чаяния разбиваются о высокомерие возвысившихся мэтров. Гордые доктора больше не желают стоять рядом с презируемыми ремесленниками, схоластика надменно отвергает физический труд и практический опыт. Особенно это станет заметно на примере академической медицины, которая принципиально отказывается знать что-ли-

бо об умениях народных врачей: цирюльников, аптекарей, хирургов или повитух.

Между миром науки и миром техники воздвигается непреодолимая стена. На несколько веков Европа лишается интеллектуалов-тружеников.

Одновременно с этим в начале XIV века эпоха процветания на Западе сменяется периодом потрясений. Серия неурожаев приводит к Великому голоду и множеству смертей. За голодом приходит Чёрная смерть, унесшая еще треть европейского населения. Устоявшиеся общественные отношения рушатся, повсеместно вспыхивают крестьянские восстания. Положение усугубляют Западный поход монголов и Столетняя война. Начинает чувствоваться острая нехватка сперва серебра, а затем и золота.

Все перечисленное способствует стремительной перестройке социального и экономического укладов. Рабочих рук не хватает. В западной Европе крестьяне получают личную свободу, а рента все более обретает денежную форму. На руинах феодального мира появляются централизованные государства. Финансовые ресурсы городов становятся источником средств на содержание королевских армий, а обложенные налогами городские ремесленники стремительно беднеют. Мятежные аристократы-рыцари ничего не могут противопоставить ручному огнестрельному оружию, артиллерии и наемной пехоте. Однако многие представители

старых дворянских и религиозных, а также новых буржуазных элит с радостью поступают на службу к государям, становясь придворными и чиновниками. Политическая власть лишь укрепляет их экономическое могущество.

Университетская верхушка, не раздумывая, присоединяется к привилегированной группе и принимается всеми способами зарабатывать деньги. Церковные бенефиции уже давно не удовлетворяют запросы алчных профессоров, поэтому они начинают спекулировать недвижимостью и книгами, ссужают деньги под проценты студентам, выколачивают гонорары за лекции, вводят плату за экзамены. Мэтры перенимают образ жизни и привычки благородных – носят дорогие одежды, строят роскошные дома, устраивают балы. Университетская олигархия превращается в касту с наследственными правами, причем ее общий интеллектуальный уровень стремительно падает.

Отныне научная мысль сосредоточена лишь на том, чтобы сохранить свое положение в обществе, отвергая все по-настоящему новое, ведь с новым приходят изменения, а они – нежелательны. Схоластика чахнет, вязнет в уже устаревших конструкциях, она более не способна рождать действительно оригинальные идеи. В Европе уже не появится почти ничего подобного грандиозным «Суммам» Альберта Великого, Роджера Бэкона или святого Фомы Аквинского. Мистическое августицианство начинает заметно преобладать над рациональным духом томизма.

# Вера и разум

В этих условиях оксфордские францисканцы Иоанн Дунс Скот и его ученик Уильям Оккам начинают решительную атаку на центральную проблему схоластики – отношение разума и веры. Томисты и августинианцы стремились, пусть и различными способами, но примирить эти понятия. У францисканцев была иная цель – поставить, наконец, точку в этом вопросе, окончательно отделив земное от божественного.

Дунса Скота многие считают последним по-настоящему оригинальным мыслителем высокой схоластики. Он отвергает распространенный взгляд на философию как на служанку теологии. Для него бог настолько прост, что невыразим ни в каком понятии, а потому недоступен для человеческого разума. Понимание божественного не может быть выведено логически или признано самоочевидным, но принимается нами из авторитета Откровения. Будучи последовательным, Дунс Скот вообще отрицает возможность выведения частных истин о мире из общих принципов, но допускает только их эмпирическое познание. Все вещи – есть идеи в уме Бога, который производит из них реальность своей абсолютной волей, которая есть причина бытия и не подлежит исследованию.

Номиналист Уильям Оккам следует за учителем, но идет

существенно дальше, окончательно разрывая связь теории и практики. В его концепции абсолютная свободная божественная воля не может ограничиваться даже идеями. Но раз в Боге нет универсалий, то их нет и в вещах, а потому – слова не обладают никакой метафизической сущностью, являясь лишь ярлыками, которые разум вешает на части реальности. А коль отсутствует связь между словами и высшими идеями, то и познавать конкретные объекты возможно лишь эмпирически, через созерцание. Оккам отрицает рациональность мира, поскольку не признает заведомо заложенной гармоничной связи между словами и реальностью. Так схоластика лишается слова – своего главного инструмента для познания бытия.

Важно понимать, что сам Оккам едва ли считал себя приверженцем номиналистических взглядов, признанных ересью за двести лет до того. Вслед за Дунсом Скоттом он лишь осторожно настаивал на том, что вера в Бога не нуждается ни в рациональной логике Аристотеля, ни тем более в мистической логике Платона. Простота совершеннее сложности, и не следует, поэтому, мыслить многое без необходимости. Вера – не поле для дискуссий, она дана нам через Откровение, и на этом следует поставить точку. Цель францисканцев состояла в желании избавить богословие от опутавших его цепей философии, но, что оказалось более важным для будущего, философия тем самым тоже получала свободу от теологии.

После Оккама интеллектуальный мир повернулся в сто-

рону скептицизма. Догматическое образование стало терять свое значение – теология отступила в область возвышенной проблематики всемогущества и свободы воли. Даже противники оккамистов ссылались на догмы и авторитеты, не оставляя место разуму. Комментарии к «Сентенциям» Петра Ломбардского пишут всё реже, хотя совсем недавно без них просто нельзя было представить себе высшего образования. Зато реальный мир, наконец, стало можно обсуждать отдельно от бога, в свете лишь человеческого опыта.

# Механика схоластов

Открывшиеся возможности практически сразу начали приносить плоды – оказалось, что некоторые профессиональные теологи могут добиваться немалых успехов в построении механических теорий, если им позволяют этим заниматься.

Так номиналист Жан Буридан (ученик Уильяма Оккама и ректор парижского университета) фактически подготовил почву для зарождения современной динамики, развив учение об импетусе – движущей способности, запечатленной в брошенном теле и равной произведению скорости на количество вещества. Импетус Буридана постепенно уменьшался из-за сопротивления среды, но увеличивался при падении из-за постоянного действия тяжести, непрерывно ускоряющей летящее вниз тело. Также вводилось и понятие вращательного импетуса.

Ученик Буридана Альберт Саксонский (сын фермера, ставший, как и его учитель, ректором парижского университета, затем ректором венского университета, а также епископом) помимо поиска зависимости между скоростью, пройденным расстоянием и временем пути, пытался объяснить с помощью импетуса обращение небесных сфер. Вселенная по Альберту Саксонскому является механизмом с едиными за-

конами движения, которые были преданы миру Богом в виде первоначальной двигательной силы.

Но дальше всех в вопросах механики продвинулся Николай Орем – парижский доктор богословия, епископ города Лазье и воспитатель французского дофина. Научные взгляды Орема буквально опередили свое время. Он приводит аргументы в пользу суточного вращения Земли вокруг своей оси, показывая, что движение небес нельзя доказать никаким опытом. Развивая эту идею, Орем формулирует принцип относительности движения в том же самом виде, как это сделает Галилей через два с половиной столетия. Движение планет Орем объясняет не божественным воздействием, но природными силами. Его труды оказали огромное влияние на Коперника, Галилея и Декарта. Несмотря на все свои научные достижения, Орем, впрочем, заключает в итоге, что Земля все же неподвижна.

Окончательно освободиться от тирании богословия и авторитета Аристотеля наука сможет лишь с наступлением Возрождения, когда умозрительные рассуждения начнут облекаться в точные и ясные математические формы, пригодные для того, чтобы техника начала перенимать теоретические открытия.

Общество пока еще не было готово воспринять научный взгляд на мир.

# Новые университеты

Середина XIV столетия становится поворотной для университетского богословия: многовековая монополия Оксфорда и Парижа заканчивается в 1348 году, когда в новом Пражском университете тоже открывают теологический факультет. Вскоре уже многим существующим богословским школам в различных городах Европы присваивают статусы факультетов. Одновременно с этим в Париже пытаются ограничить изучение философии лишь теми вопросами, что были упомянуты Петром Ломбардским в своих «Сентенциях», причем факультету искусств вовсе запрещают касаться любых богословских проблем. Взгляды Дунса Скота и Оккама критикуются догматиками, однако споры реалистов (последователей Фомы Аквинского) и номиналистов (последователей Оккама и Буридана) не прекращаются. В XV столетии это приводит к расколам многих богословских факультетов: в Падуе, Праге, Гейдельберге, Париже. Томистские кафедры обычно возглавлялись профессорами-доминиканцами, оккамистские – францисканцами. Внутреннего решения не предвиделось, поэтому в конфликты оказалась вынуждена вмешаться светская власть, своей волей установив содержание учебных программ. Раскол удалось преодолеть, окончательно сведя католическую богословскую мысль к томиз-

му. «Сентенции» заменяются на «Сумму теологии».

Роль монархов, как третейских судей в научных спорах, говорит о том, что университеты постепенно теряют международный статус, приобретая взамен лишь национальное, а то и вовсе – региональное значение. Причина этого процесса довольно проста: по всей Европе государства набирали силу. Старые образовательные центры больше не справляются с подготовкой необходимого числа административных и технических кадров, поэтому открывается множество новых университетов. Эти учреждения уже не возникают спонтанно, но являются творениями государей и пап.

Разрушается система деления по нациям, господствовавшая ранее в университетах, а сами они стремительно превращаются в оружие идеологической борьбы различных стран.

Уже известный нам Уильям Оккам, опасаясь гнева святого престола, бежал в Германию под защиту императора Людовика Баварского, и развернул там непримиримую борьбу против притязаний папы на светскую власть. В своих трактатах Оккам отстаивал независимость светской власти от церкви, оставляя за ней лишь духовный авторитет. Он приводит аргументы, освобождающие политику от морали и доказывающие, что за любым установившимся социальным порядком следует признавать божественные права. Причем в трудах Оккама уже нет места мечтаниям об объединении всех христиан под властью одного монарха.

Мысль почти готова к тому, чтобы принять раскол христианского мира.

# Падение университетов

На этом фоне особенно ярко выглядит история падения парижского университета. В XIV столетии престиж этого учреждения колоссален: его выпускники занимают самые высокие должности во Франции и других странах. Представители университета заседают в Генеральных штатах, а сам он играет заметную политическую роль. Ему благоволят и король Филипп IV Красивый, и авиньонские папы-французы.

Великая схизма запада, когда сразу два (а позже и три) претендента объявили себя истинными папами, пошатнула казавшееся незыблемым равновесие. В тот период университет пытается усидеть сразу на двух стульях, отстаивая как верховенство Собора над папой, так и существенную самостоятельность французской церкви. И если первый тезис в целом вызывал одобрение христианского мира, то второй рассорил университет с папством и усилил королевское влияние.

Столетняя война нанесла удар намного большей силы. После поражения французов при Азенкуре часть страны вместе с Парижем отошла к англичанам. Некоторые преподаватели покинули город, но большинству не оставалось ничего иного, кроме как подчиниться новым хозяевам. Во время

процесса против Жанны д'Арк представители Сорбонны руководили следствием, а сам университет утвердил заключение факультетов теологии и канонического права, квалифицировавших преступления девы как ересь и ведовство. Нужно признать, что некоторые мэтры пытались уклониться от участия в судилище и даже выказывали сострадание, но, если честно, у них не было выбора. С другой стороны, никто не заставлял их буквально умолять английского короля срочно довести правосудие до конца и отменно наказать Жанну. И уж тем более никто не заставлял мэтров радостно хвастать результатами процесса перед папой, императором и кардиналами. Пепел руанского костра оставил огромное пятно на репутации университета.

После возвращения в Париж новые французские монархи не без оснований смотрели на университет, как на гнездо «предателей», постепенно лишая его всех привилегий и запрещая забастовки. В конце концов, короли реорганизуют структуру университета и делают его своим политическим орудием.

В Праге мы наблюдаем такую же трагическую картину, хотя университет там был основан самим императором Карлом VI в середине XIV века. Изначально туда стекались студенты со всей империи, но между чехами и немцами очень быстро стал нарастать конфликт. Местный архиепископ поддерживал своих соотечественников, из-за чего в знак протеста

около двадцати немецкоговорящих профессоров покинули Прагу, основав университеты в Гейдельберге и Кёльне.

Ненадолго ситуация стабилизировалась, но во время Великой схизмы запада национальный конфликт разгорелся с новой силой. Немецкая община выступала за папу Григория XII и противилась созыву Собора. Чехи при поддержке короля Богемии (который был обязан Собору своей короной) сумели воспользоваться случаем и добились подписания Кутногорского декрета, по которому большинство голосов в университете отныне принадлежало им. Несколько сот недовольных немецких преподавателей и студентов покинули Прагу и основали университет в Лейпциге.

Осенью 1409 года ректором Карлова университета становится Ян Гус, популярный проповедник, часто критикующий католическую церковь. И хотя сам Гус считал себя ее верным сторонником, но против него были выдвинуты обвинения в ереси и изгнании немцев из университета. После относительно недолгого процесса Гуса сожгли на костре.

Из-за вспыхнувших следом волнений и военного поражения гуситов были фактически закрыты все факультеты кроме факультета свободных искусств. Поток студентов из-за границы почти прекратился. Карлов университет превратился из имперской сокровищницы знаний в сугубо местное национальное учебное заведение.

# Антиинтеллектуализм

В бурях исторических потрясений антиинтеллектуальный дух все сильнее овладевали умами мыслителей позднего средневековья. Кардинал, папский легат, князь-епископ и генеральный викарий Папской области Николай Кузанский атакует Аристотеля, заявляя, что лишь тщеславные глупцы могут считать этого грека глубокомысленным. Свои воззрения Николай Кузанский строит на широчайшем фундаменте Платона, неоплатоников и средневековых мистиков. Схоластика порицается как «учёное незнание», которому противопоставляется «незнание умное». Нет более совершенного постижения, чем явить высшую умудрённость в собственном незнании. Среди полусотни трудов Николая Кузанского мы встречаем такие как «Об учёном незнании», «Апология учёного незнания» и три «Книги простеца». Со страниц трактатов, написанных в лучших схоластических традициях, звучат призывы отказаться от схоластических аргументов и пользоваться лишь текстом Библии.

Доходит до того, что даже в парижском университете начинают порицать ссылки на Аристотеля. Рациональное богословие возвращается на путь святого неведения.

Но мир уже изменился. Теология теперь окончательно отделена от философии, и если в вопросах богословия ра-

циональные построения признаются нежелательными, то в других областях знания ограничений для разума становится меньше. Споря с Аристотелем, Николай Кузанский выдвигает весьма смелые и невероятные по тем временам концепции. Почти за два века до Галилея он утверждает, что вселенная безгранична и не имеет центра, что все точки вселенной равноправны, что все движения и покой относительны, что ни Земля, ни Солнце не покоятся, что другие миры могут быть населены, что все тела воздействуют друг на друга через пространство.

В пылу всех этих непрекращающихся интеллектуальных сражений дух образования бессильно чахнет. Классическая схоластика буквально растерзала саму себя. Томисты выдохлись в своих умствованиях, а оккамисты увязли в объяснениях значений слов, но и те, и другие отчаянно продолжали спорить. Мистические построения Николая Кузанского, казалось бы, могли обновить схоластику, но на их основе едва ли возможно построить учебную программу. В университетах пытаются продолжать обучать студентов по старинке, но теперь это вызывает лишь насмешки. Сложнейшие интеллектуальные построения прошлых веков теперь кажутся лишь пустословием.

# Гуманизм как интеллектуальная реакция

Что оставалось делать тем, кто, несмотря ни на что, все-таки желал продолжить заниматься умственным трудом? Постигать бога разумом оказалось больше нельзя, поэтому интеллектуал выбрал для исследования следующий по сложности известный ему объект – человека. Так возник гуманизм. Главный же инструмент – слово, – теперь превратился из средства получения истины в средство улучшения человеческой природы. А где можно было в те времена отыскать более прекрасные слова, чем в античных текстах? Так началось Возрождение.

Уже в середине XV века Козимо Медичи открывает Платоновскую академию во Флоренции, где могли собираться и работать те, кого не устраивает официальная университетская мудрость. Там переводят и толкуют Цицерона, Лукиана, Демосфена, Плотина, Прокла, Филона, Страбона. Аналогичные академии возникают также в Риме и Неаполе.

Ученость начинают все больше понимать как владение «словесностью» – грамматикой, риторикой, поэзией, античной историей, моральной и политической философией. Появляется и расцветает культ чистой классической речи. Одновременно с этим другие дисциплины: юриспруденция,

медицина, естествознание, логика, теология оказываются неинтересны гуманистам.

Разумеется, невозможно бесконечно долго сопротивляться веяниям эпохи. Нужен был лишь толчок – мощный приток спасающейся от турецкого нашествия византийской мудрости, чтобы в итальянских университетах начали изучать греческий язык. Оксфорд, Париж, Прага тоже не смогли избежать распространения гуманистических идей и увлечения античными текстами.

Впрочем, проникновение новых взглядов в устоявшуюся образовательную систему происходило крайне медленно. Ещё очень долгое время в Европе будут существовать по сути две интеллектуальных традиции – старая университетская и новая академическая. Схоласты не уважали Платона из-за литературности и метафоричности его текстов, а гуманисты по той же самой причине поставили его на вершину философской мудрости. Хотя сами гуманисты поначалу являлись, скорее, литераторами, а не учеными.

Более того – гуманисты и сами не желали считаться интеллектуалами в средневековом смысле этого слова, не желали трудиться. Свое занятие они воспринимали не как профессию, а как досуг или призвание, но, впрочем, такое, которое приносит почести и подарки от меценатов и благодетелей.

Устремление гуманиста – как логическое завершение развития всей интеллектуальной жизни средневековья – утвер-

дить себя интеллектуальным аристократом. Работать и писать для посвященных. Украшать светом своей мудрости блестящий двор монарха. Труд на пользу общества и обучение студентов претят гуманистам.

Никто не предполагал, что в будущем эти идеи, эти взгляды, эта горделивая одинокая работа ради собственного удовольствия поспособствуют появлению грандиозных результатов, позволивших всему человечеству подняться на небывалую высоту прогресса.

В тот момент наступил период интеллектуальной реакции.

Тут мы будем вынуждены приостановить повествование об университетах, поскольку оно и так получилось несколько большим, чем планировалось изначально. Внимательный читатель, впрочем, наверняка заметил, что так и не получил ответ на вопрос, поставленный в предыдущей главе – почему механические искусства стали так востребованы, что даже царь Петр захотел освоить чуть ли не все из них. В самом деле, по объективным причинам у европейцев XI столетия появилось стремление научно развивать и дополнять механические искусства, но к концу XV века запал полностью угас, сменившись своей полной противоположностью. Вместо поиска нового началось еще более глубокое постижение старого. Ситуация как две капли воды напоминает описанную во введении китайскую проблему – там рациональный порыв

аналогичным образом вылился в изучение древних текстов. Однако за цинским возрождением никакой научно-технической революции не последовало. Западу помогло то, что он, в отличие от Китая, не являлся тогда центром мира – почти всё богатство было сосредоточено на Востоке. Европа не могла дальше развиваться внутри собственных границ, но поскольку крестовые походы оказались в целом неудачными, то единственным возможным вариантом представлялось движение по морю – вокруг Африки или через Атлантику. Накопленные за период XI-XV веков технические умения позволили осуществить подобные проекты. Но одновременно с этим оказалось, что для успешных заокеанских экспедиций требуется решить множество практических задач, и одних лишь ремесленных навыков тут недостаточно. Требовалось теоретическое осмысление. Выяснилось, что наука может действительно приносить пользу на практике, в то время как до открытия Америки насчет этого имелись вполне реальные сомнения. С помощью разума пытались проложить путь к спасению души, а не навигационный курс в бушующем океане. Причем смена взглядов происходила отнюдь не мгновенно, она потребовала еще нескольких веков.

# Как рождалась современная наука

На самом деле данная глава, как и предыдущая, по сути своей все еще являлись вводными, призванными показать всю глубину проблематики. Моим желанием было донести мысль, что до эпохи Возрождения включительно в мире фактически не существовало науки в современном понимании. Те, кто профессионально занимался интеллектуальным трудом, воспринимали действительно научные (с нашей точки зрения) вопросы, как второстепенные, маловажные и уже достаточно исследованные древними авторами. Мир, о котором практически ничего не знали, казался уже почти полностью понятным. Не в первый уже раз человеческая мысль остановилась буквально на пороге прорыва и твердо решила повернуть назад.

Примерно до XVI столетия можно говорить о том, что я называю «донаучной картиной мира» – мощном вековом фундаменте, на котором во многом до сих пор зиждется наше мировоззрение. Это длительный период истории, когда знания носили в основном мистический характер, а технические изобретения делались ремесленниками, а не учеными. Затем в промежутке XVI-XVIII веков начнется научная революция, когда усилиями сперва одиночек, а потом уже и множества интеллектуалов старые взгляды на методы и це-

ли познания мира постепенно признают негодными, однако же, новые работающие принципы и подходы сформированы еще не будут. Наконец, в период с XVIII века и по настоящее время наступила эпоха становления науки как таковой. Этот процесс никак нельзя назвать завершенным или завершающимся – он продолжается у нас на глазах. Научное мировоззрение сегодня не является общепризнанным и преобладающим практически нигде за пределом сообщества ученых. Обычные люди во многом продолжают руководствоваться проверенной веками мудростью своих предков. Впрочем, никто не отрицает того факта, что именно наука за кратчайшие сроки изменила жизнь людей до неузнаваемости. И большинство все же считает, что – в лучшую сторону. Несогласные также предпочитают озвучивать свою позицию через порожденные наукой телевидение или интернет.

Теперь уже наша книга приобретет более стройную форму и будет далее следовать, сколь это возможно, восходящим повествовательным путем по шкале времени. И с самого начала мы перейдем к тому, как вообще так получилось, что мы столь много (а много ли?) знаем о мыслях и интеллектуальных конструкциях людей прошлого. Для этого нам потребуется совершить еще один шаг назад во времени, чтобы поговорить об источниках, о текстах и о письменности.

# ГЛАВА ТРЕТЬЯ. СЛОВА, СЛОВА, СЛОВА

## Неисторическая жизнь общества

Многое о человеческом прошлом нам сообщают кирпичи и стены, обломки утвари либо оружия, куски керамики, произведения искусства, кости людей и животных, а также мусорные кучи. В руках историков такие находки становятся бесценными и надежными источниками информации о социальном, экономическом и техническом укладе древних сообществ. Но все эти материалы могут лишь подсказать и намекнуть на то, как думали их создатели, что они знали и что стремились узнать. Тут, казалось бы, должны помогать текстовые свидетельства, более того – пожалуй, только они и могут быть полезны. В самом деле, любые концепции об интеллектуальном мире дописьменных обществ во многом остаются спекулятивными. Но уже после возникновения развитых систем письменности мы ожидаем (в случае удачной сохранности, разумеется) обнаружить тексты, отражающие богатство мысли тех или иных цивилизаций. Увы, эти надежды чаще всего оказываются безосновательными.

За двадцать тысяч лет до нашей эры люди оставили в пещере Ласко свои удивительные рисунки. Руки древних художников были уже достаточно умелыми, чтобы вполне реалистично изобразить различных животных. Едва ли мы когда-нибудь узнаем, что конкретно означают эти пещерные изображения, ведь у их авторов не было письменности – до ее появления оставалось еще семнадцать тысячелетий. Однако, сам масштаб грандиозных росписей в пещерах Ласко, Шове или Альтамира, наводит на мысль, что люди хотели поведать о своем внутреннем мире, о своей жизни и истории. Кажется вполне логичным, что письменность придумали именно для такой цели. Но это не так.

На протяжении почти всей своей истории человек жил «неисторической» жизнью. Традиционные африканские, азиатские и американские культуры вовсе не знали иной формы существования. Удивительно, но даже весьма развитые цивилизации прошлого не испытывали особого желания оставлять потомкам подробные повествования о собственных достижениях или о подвигах своих правителей.

## Минойцы и Микенцы

Так, например, в XXX-XI столетиях до нашей эры на островах Эгейского моря в материковой Греции и Малой Азии процветала Крито-Микенская культура бронзового века. Ее центрами были критские дворцы – сложные многоэтажные архитектурные комплексы (оснащенные водопроводами и канализацией) выполнявшие политические и экономические функции. На своем раннем этапе эта культура носит название минойской, в честь мифического царя Миноса, облаившего столь большим дворцом, что его название – лабиринт – с тех пор относят к любому запутанному сооружению. Минойцы завозили олово и древесный уголь на богатый медью Кипр, где выплавляли бронзу, которая пользовалась огромным спросом на всем Средиземноморье и за его пределами. Велась активная торговля, поддерживались постоянные дипломатические отношения с древними государствами, особенно с Египтом.

Удивительно, но минойские дворцы не имели стен или иных оборонительных укреплений: очевидно, жители Крита чувствовали себя в полной безопасности. Ошибочно, как оказалось. Впрочем, вторжение греков-ахейцев с материка не вызвало упадка, но напротив привело к возникновению смешанной микенской цивилизации (по названию горо-

да Микены, где на Пелопонесе изначально находился центр культуры ахейцев). Старые торговые связи не исчезли, более того – появились новые морские маршруты. Однако завоеватели стали тщательно и продуманно укреплять свои дворцы-цитадели.

В середине XX века удалось, наконец, расшифровать и тексты древних микенцев – линейное письмо Б. Казалось, что выполненные на глиняных дощечках древнегреческие надписи вот-вот поведают о реальных деяниях героев гомеровской эпохи. К огромному разочарованию историков этого не случилось. Все микенские записи оказались сугубо утилитарными: сведения о земельных наделах и их сдаче в аренду, о распределении продовольствия между работниками, о количестве голов скота. Встречались также описи имущества, списки ремесленников, отчеты об оснащении войск оружием и доспехами. Хоть какой-то свет на исторические события смогли пролить разве что отдельные таблички с дипломатической перепиской.

Некоторое время у историков теплилась робкая надежда касаясь еще непрочитанных текстов предшествующей минойской культуры. В самом деле, линейное письмо Б возникло после завоевания Крита ахейцами, которые просто приспособили под свои нужды уже существующее линейное письмо А, созданное для записи текстов на чуждом для греков минойском языке. Неудивительно поэтому, что линейным письмом Б владела лишь небольшая группа ахейских

дворцовых чиновников. Символы чужой речи просто не могли найти применения за пределами бюрократических документов. Минойцы же, напротив, разрабатывали систему знаков специально для своего родного языка, поэтому ожидалось, что их словесность и культура все же будут отражены в текстах. Увы, реальность оказалась жестока: хоть линейное письмо А действительно использовали не только чиновники, но и обычные люди в частном порядке, но большинство дошедших до нас записей представляют собой просто учётно-бухгалтерские документы. О духовном и интеллектуальном мире минойцев мы не узнали почти ничего.

# Шумеры

Дела обстояли подобным образом с самого рождения письменности, которое, как считается, произошло в середине VI тысячелетия до нашей эры на юге Месопотамии. Данный регион тогда населяли шумеры, которые, видимо из-за цвета волос, называли себя черноголовыми. В широком смысле данное самоназвание, как это часто бывало в древности, означало просто людей. Несмотря на многие природные недостатки своей недружелюбной земли, шумеры превратили ее в цветущий сад и создали первую цивилизацию в истории человечества. Обладая многими талантами, они придумали гончарный круг, колесо, плуг, парус, литье меди и бронзы, пайку металлов, шитье иглой, форму для кирпичей, а также сложные системы орошения.

Шумерские поселения концентрировались вокруг больших городов, где жила знать, чиновники, священники, немногочисленные ремесленники и торговцы. Впрочем, основу населения составляли крестьяне и кочевники-скотоводы, чья жизнь во многом регламентировалась и управлялась из городов. Особенно важным был своевременный сбор податей в храмовые хранилища, а также организация трудовых повинностей на выполнение ирригационных и других земляных работ. Все это требовало учета. Поскольку большие

архивы и реестры невозможно держать в голове, то возникла необходимость как-то фиксировать хозяйственную информацию. Так, через мнемонические значки и вспомогательные пиктограммы, родилась клинопись – письменность, позволяющая (хотя бы в теории) передавать любые устные фразы. Впрочем, на практике ее функционал оказался весьма ограниченным.

Сегодня известно огромное число клинописных документов, и каждый год археологи находят сотни новых – глиняные таблички весьма неплохо сохраняются, хотя зачастую бывают расколоты на части. Мы можем с большой уверенностью утверждать, что хорошо понимаем, о чем писали шумеры. А также – о чем они не писали.

Первые в истории письменные знаки связаны с сельским хозяйством. Таблицы храма в городе Урук представляют собой опись мер зерна и голов скота. Фактически это – хозяйственные книги. Другие древнейшие таблички сообщают, сколько пивоваров, булочников, рабов и кузнецов относилось к храму в городе Лагаш. Мы встречаем глиняные тексты, гласящие, что их предъявитель может получить в храме условленный объем зерна, то есть фактически – самые настоящие деньги. Шумеры даже выписывали векселя под процентную ссуду. Встречаются документы на право собственности и акты о продажах, где тщательно перечисляются деревья, мешки с зерном, рабы, скот и сельскохозяйственные инструменты. К середине III тысячелетия до нашей

эры уже появляются типовые формы клинописных договоров.

Поскольку сделки требовалось фиксировать и исполнять вовремя, то для удобства датировки писцы начали вести списки значимых событий текущего царствования. Постепенно такие записи складывались в цепи правителей, благодаря которым был в итоге составлен так называемый «Царский список», содержащий перечень имен и сроков правления почти всех царей Шумера. Конечно, многое там является вымыслом (например, допотопные цари правили десятки тысяч лет), но при осторожном использовании этот документ оказывается бесценным и уникальным источником.

Главная уникальность «Царского списка» заключается в том, что, несмотря на свою хозяйственную дотошность, шумеры не вели исторических хроник. Восстановить политические перипетии, бушевавшие в древней Месопотамии, весьма непросто. Насколько мы понимаем, на протяжении почти трех тысяч лет своего существования шумеры воспринимали мир как данность. В их представлении жизнь всегда была подобна сегодняшней и каких-то изменений в будущем они не ожидали. Данный взгляд мог породить лишь архивариуса, ведущего учет действительно выдающихся событий и происшествий. Шумерские «исторические» записи представляют собой скрупулёзный бухгалтерский подсчет тех поступков, которыми цари заслужили для своих городов благосклонность богов-покровителей. Так появляются записи о

строительстве и отделке храмов, о военных победах над городами богов-соперников. В большинстве своем такие волевые сообщения очень кратки и лаконичны, но они дают нам хоть какое-то представление о политической истории древнего Шумера. Впрочем, имеются и редкие достаточно подробные повествования о некоторых событиях или реформах.

Какое-то понимание реальной геополитической жизни Шумера мы можем получить косвенно из сохранившихся писем правителей и их чиновников. Эти послания проясняют мотивы и причины соперничества между городами, рисуя яркую и часто неблагоприятную картину живых человеческих страстей и интриг. Важно отметить, что многие такие письма дошли до нас в виде позднейших копий из шумерских академий, эдубб. Причем ценились даже не сами слова древних царей, но стандартные классические формы таких текстов.

# Юридические документы Шумера

О хозяйственной жизни Шумера мы можем достаточно уверенно судить по найденным юридическим документам. Например, сохранились записи о том, что царь по имени Урукагина, правивший городом Лагеш примерно в 2350 году до нашей эры, провел полную реформу существующих наказаний. Этому предшествовали трагические события: предыдущие правители города, ссылаясь на необходимость вести войну, урезали свободы горожан, обложили их дополнительными налогами и завладели богатствами храма, а когда война окончилась, то дворцовая партия не захотела расставаться с властью. Возможно, все было иначе – предыстория не отражена в документе. Но мы имеем красноречивые записи о царившем в городе бюрократическом произволе: придворные обогащались всеми возможными способами, а людей бросали в тюрьмы за любую ничтожную неуплату или же по сфабрикованным обвинениям. Горожане и жрецы объединили силы в борьбе за свои права и смогли победить, что и было закреплено документально. Избранный новым царем Урукагина и его советники написали первый известный нам свод законов, пафосно сообщающий об учреждении новых, справедливых и гуманных порядков, призванных охранять простых граждан и защищать бедняков. На деле, судя по все-

му, были введены лишь некоторые послабления, сама ситуация изменилась мало, а вся дворцовая администрация осталась на своих местах. Впрочем, современники оценивали законы Урукагины позитивно, и именно в них впервые за историю человечества встречается слово «свобода». Правители городов вообще любили похвастаться тем, что искоренили зло и насилие, установили закон и порядок, защищающий слабых и бедных от сильных и богатых. Насколько искренними являлись данные слова, сказать сложно, но едва ли древние властители были справедливее нынешних.

Есть основания полагать, что шумерские судьи или архивариусы довольно часто записывали существующие правовые нормы или прецеденты, но, к сожалению, обнаружено их не так уж много. Впрочем, сохранившиеся списки законов и различные судебные документы дают достаточно полное понимание бытовых и хозяйственных аспектов шумерской жизни. Они регулируют аренду судов и недвижимости, равно как садов, рабов и скота, размеры налогов, вступление в наследство, заключение брачных контрактов и процедуру развода, торговые сделки, заклады, назначение на различные должности, процедуры расследования краж, нанесенного ущерба или служебных злоупотреблений.

# Научные тексты Шумера

Все перечисленные источники – votивные надписи, царские письма, списки династий и судебные документы – безусловно, интересны, но их с трудом можно назвать историей в привычном смысле. И уж тем более они почти ничего не говорят нам об интеллектуальном мире древнего Шумера.

Завесу тайны слегка приоткрывают немногочисленные клинописные таблички с записями о научных и технических достижениях. Таких документов совсем мало, и они в принципе носят уже привычный прикладной и бюрократический характер. Так по немногочисленным сохранившимся спискам мы знаем, что жрецы-астрономы вели наблюдения за Луной и Солнцем (из календарных нужд), а также планетами и звездами (ради уточнения календаря, но в первую очередь для астрологических предсказаний). Обнаружено несколько медицинских табличек с лекарственными рецептами и врачебными предписаниями.

О математике шумеров известно немного, поскольку в основном мы имеем лишь более поздние аккадские (ассирийские и вавилонские) тексты на эту тему, хотя считается, что все основные наработки появились уже в Шумере. Они включают большой массив справочных таблиц (умножения, обратных величин, квадратов и квадратных корней, кубов и

кубических корней, корней некоторых уравнений, площадей кругов или прямоугольников, и многое подобное этому), а также способы решения прикладных задач (правила поиска корней различных уравнений, расчеты работ по рытью каналов, методы подсчета кирпичей и другое).

Поскольку, наиболее продвинутые технологии Шумера связаны с земледелием и орошением полей, то, очевидно, были развиты инженерные навыки сооружения каналов и плотин, равно как и умение составлять планы и рисовать карты, а затем с помощью линеек и нивелиров переносить проекты на реальную местность. Всё это шумеры, безусловно, умели, но особых записей об этом не сохранилось (либо они не делались), зато имеются обширные альманахи для фермеров. Едва ли крестьяне в те времена умели читать, поэтому считается, что такие документы составлялись учеными-писцами для обучения людей, которые планировали наследовать большое поместье, либо получить работу управляющего. Подробные инструкции содержат множество советов о правилах грамотного земледелия на протяжении всего года. Перевести их достаточно непросто из-за обилия спорной технической и сельскохозяйственной терминологии, но в целом понятно, что там даются последовательные инструкции, как в условиях Междуречья получить хороший урожай.

Вот, пожалуй, и все, что шумеры решили сообщить нам о своих научных знаниях и технических умениях. Разумеется, большинство табличек, скорее всего, не сохранилось, а

часть текстов просто не обнаружена, но, учитывая, что число найденных клинописных документов огромно, можно заключить, что мы вполне понимаем следующее – народ Шумера не считал особо нужным записывать ни свою историю, ни и свои знания. Причина этого такова – письменность воспринималась в первую, да и во вторую, очередь как канцелярский инструмент. Более 90% всех найденных табличек представляют собой административные и бухгалтерские документы.

# Шумерская литература

Было, однако, найдено и немало фрагментов клинописных литературных произведений: мифических и эпических повествований, гимнов и плачей, эссе и пословиц. Самые ранние из них, вероятно, были записаны еще за 2500 лет до нашей эры. Тут, впрочем, важно понимать одну деталь: то, что сегодня достаточно определенно идентифицируется нами как литература, в древности воспринималось иначе. Мы не знаем, для чего конкретно создавались эти тексты, но интерес к ним, несомненно, имелся, ведь найденные произведения исчисляются сотнями. Самые короткие гимны содержат десятки строк, грандиозные мифы – тысячи. К сожалению, обычно глиняные таблички сохраняются в расколотом фрагментарном виде, но, по счастью, древние писцы часто копировали популярные тексты, что позволяет все же собрать их из нескольких найденных кусочков.

Шумерские авторы еще не владели искусством построения крепкого и динамичного сюжета – их повествования достаточно беспорядочны и монотонны, а герои не имеют яркой индивидуальности, оставаясь шаблонными. Литературная традиция, как мы понимаем, наследовала многовековому устному поэтическому творчеству. Рифма и размер тогда не были известны, зато умело использовались такие поэ-

тические инструменты как повтор, параллелизм, метафоры, устойчивые эпитеты, детальные описания, монологи.

Первая в человеческой истории, шумерская литература оказала огромное влияние на будущую культуру ассирийцев и вавилонян, хеттов и финикийцев, израильтян и даже греков. Религиозные идеи и духовные концепции, выработанные шумерскими мыслителями, стали базовым для большей части Ближнего Востока, влияя даже на современный мир через иудаизм, христианство и ислам. Конечно, древние художественные тексты содержат лишь крупицы исторической правды, но именно из них мы получаем бесценную информацию о том, как именно шумеры понимали мир.

Удивительно, но не обнаружено ни одного шумерского текста, содержащего единый миф, непосредственно повествующий о сотворении вселенной. Впрочем, из отдельных отрывков, рассеянных по многим литературным памятникам, складывается вполне цельная и продуманная картина, поэтому мы можем заключить, что космологическая система у шумеров имела, просто никому не приходило в голову эту общеизвестную концепцию записать. Главными действующими силами в ней являлись боги: воздуха – Энлиль, воды – Энки, богиня-мать Нинхурсаг, богиня плодородия и любви Инанна и ее невезучий супруг бог-пастух Думузи.

Тщательно изучая клинописные фантастические тексты, можно заключить следующее. Шумерские мыслители, что неудивительно, имели самые поверхностные представления

об устройстве вселенной. Главными частями мироздания считались небо и земля; причем последняя считалась плоским диском под твердым куполом. Небеса полагались металлическими (вероятно, оловянными), небесные светила состояли из светящегося воздуха. Всю эту конструкцию окружало бескрайнее море, из которого и зародился весь мир. Такая система казалась самоочевидной, и вопросы более высокого порядка не ставились.

Для правильной работы вселенной пантеон бессмертных богов составил непреложные законы. У всего в мире – неба и моря, ветра и горы, города и народа, плотины и топора – имелся свой надзирающий бог-покровитель. Сам пантеон был подобен единственной известной тогда сложной структуре – шумерскому государству. Все боги имели свой ранг и действовали во главе с царем, которого окружали могущественные придворные, а также персонажи менее влиятельные или вовсе малозаметные. Мотивы божественных поступков были вполне человеческими – любовь, злость, обида, зависть, радость. Чтобы воля божества исполнилась, ему (как гипотетическому всевластному правителю) достаточно было лишь четко сформулировать пожелание, а затем произнести слово и имя. Установленный для каждой вещи порядок – ме – обеспечивал вечное безошибочное функционирование вселенной. Такая метафизическая концепция, конечно, являлась наивной, но сложно обвинять в этом древних людей, которые, не зная почти ничего, хотели объяснить сра-

зу всё.

Зато подобный взгляд на мир позволял избежать любимой западными философами моральной проблемы свободы воли. Каждый житель шумера рождался по желанию богов для удовлетворения нужд богов и для службы по их законам. Своей судьбы он не знал и старался по возможности угодить богам, ибо таково его предназначение. Моральные нормы, выработанные веками существования людей в сложном обществе, представлялись назначенными для исполнения свыше.

Видимо, предполагалось, что все читатели и слушатели мифов знают указанные вещи, а потому нет смысла их записывать. Насколько мы понимаем, тексты мифов не использовались в религиозной практике или ритуалах. Очевидно, их слушали для удовольствия, поэтому важно было сохранить сам текст конкретного популярного мифа, как сюжет, как канон, чтобы часто воспроизводить и не забыть.

Почти то же самое можно сказать и об эпических произведениях шумеров, чьи ранние героические песни были записаны, спустя пять-шесть веков после завершения героической эпохи, а потому сохранили совсем мало реальной исторической информации. Судьбы государства или народа сами по себе не заслужили внимания поэтов. Все поэмы касаются подвигов и деяний конкретных, скорее всего действительных исторических личностей – Энмеркара, Лугальбанда, Гильгамеша. Но о них настоящих можно узнать немно-

гое: все сокрыто за фантастическими сюжетами и способностями. Не делалось никаких попыток объединить разрозненные приключения героев в единое повествование. Также не ставилась задача дать хотя бы общее представление о характере и психологии персонажей.

Так, Гильгамеш в одной поэме предстает перед нами патриотом и защитником города; в другой – страшась будущей смерти меланхоликом и одновременно отважным победителем дракона; в третьей – галантным рыцарем, напористым быком, скорбящим страдальцем, поучающим мудрецом, радушным хозяином и опечаленным смертным.

Лишь одна поэма – «Гильгамеш и Агга Киша» – по-настоящему исторически значима. Из нее мы узнаем, что в древности Шумер состоял из нескольких независимых городов-государств, каждый из которых желал подчинить себе все другие. Также в эпосах косвенно отражены некоторые взгляды шумеров на окружающий мир, этику, место и судьбу человека. Специально о таких вещах, как уже говорилось, особо не писали.

Обобщая сказанное по мифам и эпосу нужно еще раз отметить, что эти тексты носили скорее не религиозный, а развлекательный характер. В храмах они не читались, а те, кто их исполнял и слушал, едва ли владели грамотой, поэтому запись на глине никак не могла быть полезна тем, кто гипотетически мог ей заинтересоваться. Возможно, тексты поэм записывались просто из уважения и любви к ним, после че-

го они ложились на полку с единственной целью – быть когда-нибудь скопированными.

А вот различные шумерские гимны (в честь богов, царей и храмов), равно как плачи и погребальные песни, вероятно, использовались при обрядах, а посему их клинописные тексты носили, очевидно, прикладное практическое значение и использовались в ритуалах. Но едва ли такие тексты воспринимались как литература для чтения.

# Сочинения мудрости

То, что, вероятно, действительно читалось и перечитывалось – это так называемые сочинения «мудрости», к которой относят споры, эссе, предписания и собрания пословиц.

Споры представляют собой поэтические дебаты двух условных антагонистов – лета и зимы, скота и зерна, серебра и меди, кирки и плуга. За несколько последовательных подходов они самым лестным образом представляют собственные достоинства и всячески выставляют противника в неблагоприятном свете. Споры начинаются мифологическим вступлением, а завершаются тем, что боги присуждают победу какой-либо из сторон. Впрочем, известны и споры выпускников двух школ, а также спор двух женщин, целиком состоящие из оскорблений, едких нападок и брани.

Эссе встречаются достаточно редко, являясь явно нетипичным шумерским жанром. Известно лишь несколько подобных текстов. Таков, например, документ по содержанию схожий с Книгой Иова, повествующий о зависимом от богов положении человека. Таковы описания нелегкого процесса обучения в шумерской школе – эддубе. Есть и другие подобного рода таблички.

С шумерскими предписаниями мы уже встречались, когда говорили о советах фермерам. Существуют аналогичные

документы, где перечисляются правила достойного поведения, а также свод моральных и этических норм. Последние тексты всегда представлялись как собрания мудрых высказываний древнейших и авторитетнейших правителей.

Известно также множество табличек, содержащих шумерские пословицы на все случаи жизни. Многие из них вполне подошли бы и для сегодняшнего дня.

# О шумерском образовании

Интересно заметить, что шумерские библиотекари составляли каталоги, в которых перечисляются сотни текстов. Поскольку никакого принципа в логике составления каталогов чаще всего не прослеживается, то нужно заключить, что сами шумеры не разделяли свою литературу на жанры, воспринимая всю ее просто как запись устного творчества.

Все литературные записи в любом случае являлись лишь малой частью общей деятельности писцов, количество которых исчислялось тысячами. Их ранг варьировался от простого бухгалтера-администратора до высокопоставленного чиновника при храме или царском дворе. В любом случае грамотность сама по себе давала немалую власть, и каста писцов всегда обладала большим влиянием. Шумерские эддубы (дома табличек) очень быстро превратились из небольших школ при храмах в многочисленные светские учебные заведения. Там изучались и многократно переписывались многочисленные классические тексты и списки – почти все они дошли до нас уже в постшумерских аккадских копиях.

Овладеть чтением и письмом было дорогим и весьма непростым делом: шумерские академии отличались жестокой, почти садистской, дисциплиной. Ученики, дети зажиточных семей, относились к урокам безответственно, шумели и скандалили. Педагоги не стеснялись пускать в ход пал-

ки. Поскольку грамота была инструментом получения власти, делать ее простой и доступной никто не стремился. Клинопись требовала умения точно начертить на глине сложные знаки и понять их смысл в общем контексте. Методы обучения также не отличались доходчивостью: в основном учеников просто заставляли бесконечно переписывать отрывки тех или иных текстов. Обнаружены таблички с неумелыми каракулями первоклашек, а также безупречные копии, выполненные твердой рукой опытных студентов.

Поскольку эддубы готовили специалистов для удовлетворения любых административных и экономических потребностей государства, то студентам полагалось уметь писать обо всем, что могло потребоваться – о богах, о растениях, о животных, о хозяйстве, а также разбираться в географии, математике и других премудростях того времени. Достигалось это так: ученикам приходилось множество раз копировать длинные перечни того, что могло встретиться им на службе – названий деревьев и трав, зверей, птиц и насекомых, стран, городов и деревень, различных пород минералов. Имелись также таблички с решениями множества типовых математических задач и табличек с разнообразными грамматическими формами слов.

Переписывание литературных произведений также являлось обязательной частью учебной программы. Возможно, в этом и заключалась основная функция письменной необрядной шумерской литературы – просто требовались длинные

тексты для того, чтобы студенты могли поставить себе руку, получить общее представление о своей культуре и обучиться художественному стилю для составления официальных документов и религиозных текстов. В любом случае, даже таблички с гимнами и плачами для храмовой службы обычно обнаруживаются не в храмах, а в кварталах писцов. Вероятно, выпускники эдуббы, служившие в храмах или дворцах, обучали неграмотных певцов и артистов на слух, разучивая с ними то, что сами запомнили за школьные годы.

# **О том, насколько верно мы понимаем мышление древних людей**

Конечно, по большей части, мы можем лишь строить предположения об истинной роли художественных клинописных текстов в шумерской культуре, равно как и об их отношении к устной литературной традиции. Записей обо всем этом, разумеется, нет. Фактом является лишь само наличие таких табличек, а также конкретные места, где их находили, либо – никогда не находили. Конечно, и в современном мире огромный объем письменных текстов составляют бухгалтерские, технические и юридические документы. В домашних книжных шкафах таковых, возможно, не очень много, но современная хозяйственная жизнь требует невероятного количества бумаги. Однако пример шумера показывает, что едва ли хоть кто-нибудь хранил у себя дома литературные произведения или математические задачки, чтобы перечитывать их или работать с ними. За пределами эддуб мы иногда встречаем хранилища табличек лишь при храмах или же – библиотеки мудрости при дворцах.

Хотя, если мы обратимся к другим эпохам и культурам, для которых имеются подробные исторические свидетельства (например, к уже знакомому нам Китаю династии Цин), то поймем, что создание подробных собраний древних зна-

ний зачастую являлось лишь синекурой для интеллектуалов и чиновников. Необходимо было просто привлечь и занять интересным делом образованных людей, чтобы они заодно с этим добросовестно выполняли и административные функции. А переписанные старинные тексты никто никогда не читал – они были сокровищем.

В любом случае, все древние цивилизации потому и называются древними, что прекратили существование настолько давно, что даже в плане письменных свидетельств мы вынуждены опираться лишь на археологию – таблички приходится в буквальном смысле выкапывать из земли. Если что-то не было записано (или было записано, но не сохранилось, либо не нашлось), то спросить об этом не у кого.

Однако, к нашему везению, на планете было несколько человеческих обществ сопоставимых по уровню развития с древним Шумером. Причем об этих обществах имеется достаточное число относительно достоверных документальных свидетельств, составленных европейскими исследователями. Речь идет об американских доколумбовых цивилизациях. Говорить о полной одинаковости всех культур каменного или бронзового веков, конечно же, нельзя, однако общность многих тенденций, несомненно, прослеживается.

В начале XVI века, когда европейцы начали колонизировать Америку, в Старом свете еще не существовало ученых в современном понимании этого слова, поэтому записи вели в основном католические миссионеры. Разумеется, к сви-

детельствам священников нужно относиться с известной долей осторожности, не забывая о контексте и культуре той эпохи. Так, например, епископ Диего де Ланда Кальдерон оставил нам книгу «Сообщение о делах в Юкатане», содержащую ценнейшую информацию по всем сторонам жизни народа майя. Этот же человек массово сжигал рукописные кодексы майя, опасаясь, что они повредят распространению христианства. Имеются сведения об огромных библиотеках при храмах и дворцах майя, но стараниями испанцев они были уничтожены в кратчайшие сроки. Из множества текстов до наших дней сохранилось лишь три частично поврежденных рукописи майя (относительно подлинности четвертой ведутся споры). Де Ланда ввел для индейцев столь эффективную систему образования, что менее чем за сто лет все грамотные жители Юкатана перешли на латинский алфавит, а иероглифическая традиция просто исчезла. Письменность майя удалось расшифровать лишь во второй половине XX века усилиями советского лингвиста Юрия Кнорозова.

В доколумбовой Америке особый интерес для нас представляет, однако, не цивилизация майя (от письменной традиции которой слишком мало осталось), а империя инков, единственная в Новом свете начавшая выплавлять бронзу.

# Государство инков

Государство инков на языке кечуа называлось Тауантинсуйу, что можно перевести как «четыре объединённые провинции». К каждой из них вела специальная дорога от центральной площади столицы империи – города Куско. Будучи крупнейшим индейским государством в XI-XVI веках, империя инков занимала территории современных Перу, Боливии и Эквадора, а также частично – Чили, Аргентины и Колумбии. Судя по всему, инки являлись отдельным народом, сумевшим подчинить себе огромную территорию, на которой уже существовало несколько достаточно развитых цивилизаций и культур.

В Тауантинсуйу насчитывалось множество городов с большими каменными зданиями: военными, административными и религиозными. Постоянно велись новые строительные работы. Во многих городах функционировал водопровод, не уступавший по техническим характеристикам древнеримским акведукам (но без использования свинца).

На склонах гор сооружались колоссальных размеров каменные террасы, почву для которых вручную приносили из долин. От горных рек к террасам отводились каналы для орошения. Поля обрабатывались вручную (тяглового скота в Америке не знали), но урожай все равно получались

огромными. Крестьяне Анд выращивали кукурузу, обычный и сладкий картофель, маниоку, тыквы, бобы, горох, орехи, ананасы, шоколад, авокадо, помидоры, перец и многое другое. В империи всегда имелся запас продовольствия на несколько лет.

Существовала сеть школ, где знатных юношей обучали ритуалам, законам, истории, управленческому и воинскому искусствам, поэзии, музыке, календарю, астрономии и математике. Инки использовали десятичную систему счисления и были знакомы с понятием ноля. Имелось несколько разновидностей счетных досок по типу абака с очень сложными правилами подсчета, которые сейчас не до конца понятны.

Астрономы вели наблюдения за Солнцем и Луной, за планетами и звёздами, а также за межзвёздными тёмными областями неба. Отмечалось движение комет и метеоров. Астрология пользовалась огромной популярностью. Календарь включал в себя 12 месяцев по 30 дней в каждом, к которым прибавлялись дополнительные дни, чтобы общее их число в году составило 365. Имелся и параллельный достаточно сложный ритуальный календарь. Относительно наличия високосного года сведения разнятся.

Знания и умения инков поражают. Гигантские каменные блоки добывались, обрабатывались и перетаскивались на огромные расстояния практически без металлических инструментов и без тягловых животных. Также инки знали несложные виды ткацких станков и умели создавать неверо-

ятной красоты ткани из шерсти и хлопка. В лечебной практике знахарей-колдунов использовались многие лекарственные растения, а кроме того – пенициллин. Хирурги выполняли сложнейшие операции, включая трепанацию черепа. А вот колёс (в любом виде, в том числе и, например, гончарного круга) в Америке не знали.

Инки выплавляли бронзу, медь, серебро, золото и платину, а также занимались ковкой, пайкой, клепкой и штамповкой. При этом во внешней торговле в качестве монет использовались специальные маленькие медные топорики, имеющие хождение по всему западному южноамериканскому побережью. Внутри государства вовсе отсутствовало понятие денег (товар меняли на товар), но, например, какао-бобы всегда были востребованы и часто использовались для оплаты. Обмен ресурсами между различными общинами полностью контролировался властью инков: все излишки продукции изымались в специальные хранилища, после чего распределялись по строго установленным государством нормам. Разрешалась лишь совсем незначительная фактически местная меновая торговля между жителями побережья и горцами, либо горцами и жителями джунглей.

Подобная политика требовала тщательного контроля и неукоснительного соблюдения подданными всех государственных законов и предписаний. В самом деле, инкское право отличалось чрезвычайной жестокостью – за невыполнение обязанностей почти всегда следовала смертная казнь.

Необходимость четко исполнять наложенные повинности укрепились в сознании местных жителей невероятно прочно. Известны случаи, когда деревни веками продолжали ремонтировать старые инкские дороги и мосты, хотя необходимость в этом давно отпала. Следствием столь жестких мер было то, что индейцы в империи практически не знали таких преступлений, как мелкое воровство, грабеж, коррупция и убийство. Если же вдруг выяснялось, что какой-то индеец крал от нужды, то наказывали не вора, а чиновника, отвечавшего за снабжение.

Тех, кто вздумал воспротивиться установленному закону, ждало молниеносное наказание. Армия инков перемещалась стремительно – в империи было проложено около 30 000 километров отличных дорог. Для преодоления горных ущелий и отвесных скал устраивались навесные мосты или вырубались каменные ступени. Расстояния отмечались межевыми столбами, причем на пути всегда располагалось необходимое количество постоянных дворов. Также дороги обеспечивали удобную и быструю доставку ресурсов внутри государства. Поскольку лошадей в Южной Америке не было, то в качестве вьючного животного использовалась лама, выведенная индейцами из дикого гуанако.

Кроме того, дороги позволили наладить эффективную почтовую службу. Поскольку ламы не годились под седло, то курьеры доставляли сообщения и посылки бегом, сменяя друга на друга на специальных почтовых станциях, распо-

ложенных через каждые несколько километров. Общая численность почтовых служащих, вероятно, существенно превышала 10 000 человек, а скорость доставки составляла до полутысячи километров в сутки. В экстренных случаях использовалась сигнальная (днем – дым, ночью – огонь) система, что позволяло передавать информацию особой важности и вовсе за несколько часов. На тот момент почта инков была, пожалуй, одной из лучших в мире, если не самой лучшей.

# Кипу. Узелковая письменность инков

Можно предположить, что развитая почтовая служба гарантированно свидетельствует о большом обороте разнообразных текстов. На самом деле – это не так. Инки вообще не знали письменности и не нуждались в ней.

Спешащие по широким дорогам курьеры передавали друг другу кипу – веревочки с узелками, помогающие запомнить необходимую информацию. Впрочем, кипу использовали не только для передачи сообщений: это был надежный способ учета и контроля всех аспектов общественной жизни. Никто и ничто не могло избежать внимания кипу-камайоков (толкователей кипу) – чиновников, подсчитывающих все с помощью узелков. Причем дополнительное устное пояснение чаще всего не требовалось, поскольку опытный специалист легко понимал большинство стандартных сообщений. Их структура была достаточно простой и оригинальной: на основном шнуре располагалось несколько цветных веревочек с группами узелков на каждой из них. Эти веревочки представляли собой числа в позиционной десятичной системе. Количество узлов в соответствующем месте соответствовало числу единиц, десятков, сотен и так далее. Пустой промежуток соответствовал нашему нулю. К отдельным местам могли прикрепляться и дополнительные поясняющие

веревочки с другим цветом нитей.

Цвет кипу позволял понять – о числе кого или чего, собственно, идет речь. Чёрный отвечал за время и даты, малиновый – за вопросы, связанные с верховным правителем Сапой Инкой, бурый – за подчиненные территории, красный – за размер войска инков, зелёный – за количество противников, жёлтый и белый – за число мер соответственно золота и серебра, фиолетовый – обозначал местного начальника, соломенный – беспорядки. Смысл многих других цветов нам неизвестен. В зависимости от тематики сообщений полагалось трактовать цвета в несколько отличных категориях. Кроме того, разные нити можно было объединять, получая более сложные понятия. У каждой из провинций империи имелась своя комбинация цветов. Формы узлов тоже имели свои значения. Также к шнуру мог прикрепляться предмет-ключ (щепка, минерал, кусочек растения и многое другое), что позволяло четко определить, о чем конкретно идет речь. В таком случае смысл цвета нити менялся.

Однотипные предметы располагались всегда в строго определенном порядке. Так, например, если речь шла об оружии, то сперва указывалось количество пик, затем – дротики, луков и стрел, дубинок и топоров, пращей и прочего. Число жителей провинции перечисляли в порядке их возрастной категории от стариков до младенцев. Сначала перечисляли мужчин, затем – женщин.

От зоркого глаза кипу-камайоков не могло укрыться ни-

чего. Поэтому Сапа Инка имел точнейшую информацию об общем числе своих подданных, и о размере каждого селения, о площади засеянных полей и о размере урожая, о поголовье скота, о заготовленном камне, срубленном лесе и добытой руде, о числе вторгшихся варваров и о размере собранной армии, и так далее, и тому подобное. Причем все эти сведения предоставлялись оперативно и во всех возможных подробностях, а точность хозяйственных данных гарантировалась использованием двойной записи.

Насколько мы сейчас понимаем, узелками записывалась не только лишь числовая статистико-экономическая информация. Некоторые кипу, очевидно, могли содержать цифровые коды, обозначающие отдельных лиц, места, или предметы. Есть даже гипотезы, что инки умели с помощью узлов передавать фонетическую информацию, получающуюся из первых слогов стандартных обозначений. Но такие предположения, равно как и попытки отыскать письменные знаки среди узоров на одежде инков, выглядят малоубедительно. Испанские конкистадоры были уверены, что настоящей письменности у инков нет, а из-за агрессивной христианизации искусство создания кипу достаточно быстро оказалось утеряно. Хотя в некоторых перуанских деревнях для хозяйственной деятельности до сих пор используют простые веревочки с узелками.

В любом случае, ни у кого не вызывает сомнений, что кипу являлись надежным средством для совершения ариф-

метических действий, записи законов и судебных решений, ведения календаря и фиксирования исторических событий. Требовалось лишь непрерывно обучать новых специалистов умению трактовать хитросплетения узелков. Хотя, вероятно, многие кипу, выходящие за рамки сбора статистики, было невозможно прочесть без дополнительного устного пояснения.

Вообще, устная традиция инков (к сожалению, во многом утерянная) отличалась невероятным богатством. Существовала достаточно разработанная космология и мифология со сложным пантеоном богов, не имелось недостатка и в эпических легендах о героях прошлого. Множество ярких пышных многолюдных обрядов и церемоний сопровождалось ритуальными песнями и стихами. Существовали профессиональные барды, выступающие на праздниках или в суде. Также у инков имелось множество народных песенок на самые разнообразные темы: для отдыха и для работы. Кроме того, функционировали театры, и нам даже известно несколько инкских пьес.

Но особенно впечатляющим выглядит уровень действующей в Тауантинсуйу пропаганды. После смерти очередного Великого Инки специальный совет решал, какая память должна остаться о нем в народе. Согласованную версию истории фиксировали кипу-камайоки, после чего придворные поэты сочиняли официальные баллады о деяниях и победах усопшего правителя. Далее певцы-сказители добавляли эти

баллады в свой репертуар и разносили их по всей империи. Излагать историю в ином (неофициальном) ключе не разрешалось, а осмелившихся на это бардов жестоко наказывали. Тщательно отбирая информацию и манипулируя фактами, инки практически стерли у покоренных народов память о предшествующих индейских культурах, выставив себя теми, кто произошел напрямую от Солнца и принес в этот мир цивилизацию.

Свои системы письма в разное время возникали у ольмек-ков, сапотек-ков, майя, миштеков, ацтеков и даже в некоторой степени у индейцев североамериканских равнин. Отсутствие письменности у инков может озадачить, ведь кажется, что им она была нужнее всего. Но если вспомнить то, что мы уже рассказали о крито-микенцах и шумерах, то можно заключить, что в Южной Америке кипу прекрасно выполняло все функции, которые в других местах веками возлагались на письменность. То, что в какой-то момент с помощью клинописи стало возможно записать песню или эпос – это, скорее, случайная удачная опция, которую никак не предполагали древние чиновники, рисующие на глине первые мнемонические символы для учета зерна или скота. Впрочем, не так уж и ясно, сколь широко воспользовались сами шумеры открывшейся им возможностью: как уже говорилось выше, почти все их повествования известны нам в поздних копиях, когда семитские народы приспособили под свои нужды

клинописную систему неродственного им шумерского языка. Но, к сожалению, вавилоняне и ассирийцы тоже писали далеко не обо всем. И ладно бы – не обо всем, мало кто писал даже о важнейших событиях.

# Расцвет бронзового века

Вернемся к уже знакомой нам Крито-Микенской культуре с ее многоэтажными дворцами, водопроводом и канализацией. Подобный уровень развития вовсе не являлся тогда чем-то исключительным. Средиземноморский регион конца бронзового века представлял собой интернациональный мир, в котором минойцы, микенцы, хетты, киприоты, митаннийцы, ассирийцы, вавилоняне, хананеи, и египтяне активно взаимодействовали внутри общей цивилизации.

Обширная дипломатическая переписка фараонов, тысячи глиняных табличек из древнего Угарита, царские архивы хеттов и многие другие сохранившиеся документы рисуют нам грандиозную картину последних столетий той эпохи. Будущие поколения станут называть ее «золотым веком». Объединенные торговыми и культурными связями города Греции, Малой Азии и Ближнего Востока достигли высочайших технологий делопроизводства, кораблестроения, архитектуры и обработки металлов. Бесчисленные коммерческие и транспортные сети пронизывали весь Эгейский бассейн и Восточное Средиземноморье, простираясь далеко за его пределы. Янтарь доставляли с берегов Балтики и Скандинавии, лазурит – с Памира, нефрит – из Китая, олово – с берегов Корнуолла на Юго-Западе Англии, а также с территории

современного Афганистана. В огромных количествах добывалась медь и выплавлялась бронза.

Средиземноморскому региону повезло, там имелось достаточное количество месторождений меди, а одно особо крупное находилось на Кипре (даже название меди *Cyprum* произошло от названия острова). По сравнению с камнем медь мягка, зато ее легко чинить и затачивать. Совсем другое дело – бронза (сплав меди с оловом): твердая, прочная, плохо поддающаяся обработке, но идеально подходящая для литья. По своим характеристикам бронза была лучше железа того времени, плавилась при более низкой температуре и не требовала долгойковки.

Надо сказать, что исторически сперва появилась черная мышьяковистая бронза, но она оказалась хуже оловянной, а ее качество падало при повторной переплавке. Кроме того, мышьяк ядовит, поэтому в мифах кузнецы, как правило, изображены увечными и злобными. В любом случае, учитывая редкость меди (железо встречается в земной коре примерно в тысячу раз чаще), возможность переплавки была очень важным фактором, поэтому оловянная бронза постепенно вытеснила черную.

К сожалению, олово найти еще труднее, чем медь, а извлечь его из руды – непросто. Люди древности могли использовать лишь самородные россыпи, которые встречаются чрезвычайно редко. Уже в XIX веке до нашей эры были полностью выработаны небольшие месторождения Малой Азии,

поэтому олово приходилось завозить из мест, удаленных на тысячи километров. Но усилия окупались сторицей.

Расцвет металлургии знаменовался массовым производством инструментов, сельскохозяйственных орудий, украшений, а также доспехов и оружия. С помощью литейных форм несколько мастеров могли за непродолжительное время изготовить достаточное количество бронзовых мечей, наконечников копий и стрел, а также крепких панцирей, чтобы вооружить огромную армию. Поставки меди, а еще в большей степени – олова, быстро стали чрезвычайно важными для любой державы, не желающей стать добычей соседей. Контроль над торговыми путями превратился в стратегическую задачу.

Изначально государства возникали в долинах крупных рек – Тигра и Евфрата, а также Нила. Желание стабильно получать большие урожаи привело к созданию сложных оросительных систем, строительство которых требовало планирования и четкой организации совместной работы множества людей. Так появились деспотии – крупные дворцовые хозяйства, где правитель делил власть с развитым бюрократическим аппаратом, обеспечивающим сбор податей и распределение общественных работ.

Однако речные долины оказались бедны металлами и древесиной, а земледельцы не были хорошими моряками, поэтому ресурсы приходилось завозить, пользуясь посредниче-

ством других народов. И в любом случае, даже богатые медью регионы (например, хеттская Анатолия или Кипр) нуждались в поставках олова издалека. Так стала появляться сеть торговых путей, приведшая к международному разделению труда: на базисе развитого сельского хозяйства одних регионов другие могли специализироваться на добыче сырья или на его переработке, на перевозке грузов либо на посредничестве.

Благодаря торговле все державы Восточного Средиземноморья получали необходимые им ресурсы. Орудия труда совершенствовались, росла производительность труда крестьян и ремесленников, появилось банковское дело, увеличивалось число поселений, усложнялись торговые связи, развивались наука, культура и искусство. Чиновники составляли обширные хозяйственные архивы, а правители стран вступали в дипломатическую переписку, воспринимая друг друга как членов одной семьи. Войны больше не велись ради грабежа и захвата рабов, но превратились в инструмент увеличения экономической мощи за счет контроля торговых путей или источников сырья, а также обеспечения выгодных коммерческих условий.

Впрочем, государственность не везде складывалась одинаково. Там, где сельское хозяйство требовало масштабных ирригационных работ и поддержания сложной инфраструктуры (Египет и Междуречье), объективно возникало жесткое централизованное планирование и единый аппарат чи-

новников, ведущих учет и контроль. Необходимость решения сложных инженерных, административных и социальных задач приводила в подобных обществах к неизбежному развитию математики, логистики и культуры. В тех регионах, где организация людей на трудоемкие работы не имела смысла, сельское хозяйство развивалось общинным путем, поэтому в результате возникал конгломерат мелких городов-государств, которые постепенно организовывались в союзы, связанные данью и военной помощью самому сильному полису региона. Такими были Хеттская империя, Микенская Греция, сирийские и финикийские царства.

Самые крупные государства поначалу активно проводили агрессивную военную политику, забирая себе сырье, зерно, скот и рабов с захваченных территорий. Но это продолжалось лишь до тех пор, пока экспансии египтян, хеттов и ассирийцев не натолкнулись друг на друга. Последнее крупное сражение той эпохи – Битва при Кадеше – где огромное войско египтян столкнулось с уже владеющей железным оружием армией Хеттского царства, окончилась «технической ничьей». Был заключен первый в истории международный мирный договор, знаменующий наступление стратегического равновесия в регионе. Дальнейшие войны между великими державами не имели смысла.

# Бронзовый коллапс

К началу XII столетия до нашей эры Восточное Средиземноморье около века пребывало в спокойствии. Сферы влияния были четко поделены. Огромные империи хеттов, египтян и ассирийцев контролировали сухопутные торговые пути и большинство портовых городов. На Кипре, в Микенской Греции и Малой Азии плавил медь и бронзу. Хетты достигли немалых успехов в работе с железом. Олово добывалось где-то на краю цивилизованного мира. Морская торговля находилась в основном в руках финикийцев и микенцев. Причем корабли практически не выходили в открытое море, передвигаясь вдоль берега либо – от острова к острову. Это способствовало появлению бесчисленных портов и стоянок, где можно было пополнить запасы, укрыться от штормов и пиратов, заняться ремонтом или торговлей. В каждом крупном торговом центре проживали купцы из всех прочих государств и больших городов. Сделки тщательно документировались – сохранились огромные коммерческие архивы, в которых мы находим бухгалтерские расчёты, векселя, товарные кредиты, сложные залоговые документы и длинные логистические цепочки товарообмена. Сама торговля была крепко переплетена с политикой: купцам требовалось поддерживать хорошие отношения с множеством дворцовых

центров, обеспечивающих безопасность и сохранность товара. Нередко правители и чиновники оказывались нечисты на руку и коррумпированы, либо вовсе пытались прибрать к рукам имущество заморских торговцев.

Так или иначе, но в крупных городах и таможенных складах неизбежно накапливалось немыслимое по тем временам богатство в виде товаров, продовольствия и ресурсов. Такая концентрация богатств неизбежно приводила к повышенному вниманию со стороны разбойников и пиратов, борьба с которыми требовала немалых средств на содержание застав, стражи и патрульного флота.

Длительный мирный период позволил установить общие правила коммерции. Медь торговалась в стандартных слитках в форме бычьей шкуры. Дипломатическая переписка велась в основном клинописью на аккадском языке. Небольшие державы, например Кипр или крупнейшие торговые города-государства восточного побережья (такие как Библ и Угарит), проводили относительно самостоятельную политику, хотя и находились в вассальной зависимости.

Но затем, в начале двенадцатого столетия до нашей эры, происходит катастрофа – за несколько десятилетий от величественного бронзового мира не остается и следа. Большинство царств и городов исчезает. Торговые связи полностью разрушаются. Египет теряет контроль над Сирией и Палестиной, превращаясь в бледную тень самого себя. Ассирия и Вавилон едва сохраняют локальное влияние. От великой

Хеттской империи остается лишь несколько угасающих разрозненных городов. Микенская Греция погружается в темные века.

Что конкретно произошло – неизвестно. Судя по всему, оживленная торговля продолжалась до самого окончания эпохи, но затем существовавший столетиями мир, внезапно рухнул. Никто из современников ничего об этом не записал. Точнее – почти никто.

# Что записали современники о бронзовом коллапсе

В погребальном храме Рамсеса III имеются рельефы, сообщающие, что в царствование этого фараона (примерно в 1177 году до нашей эры) произошло нашествие «народов моря», несущих разрушение и хаос. Филистимляне, тирсены, чаккаль, шерданы, дануны, шакелеша, акайваша – мы практически ничего не знаем о них, помимо египетских названий. Неясно (есть разные версии), ни откуда они родом, ни что заставило их покинуть свои земли. Часть приходила по суше, другие приплывали на кораблях, иногда даже с семьями и скарбом. Согласно египтянам, все известные царства уже пали под неумолимым натиском пришельцев.

Армия Рамзеса III встретила надвигающиеся орды в дельте Нила. Ожесточенные сражения шли на суше и на море. Египет опрокинул и разгромил врага, впрочем, фараон все же позволил (или был вынужден позволить) многим племенам остаться на его землях. Увы, но победа оказалась пирровой – Новое царство потеряло все свои торговые и дипломатические контакты, утратило былое влияние и не смогло восстановить прежнего могущества.

Долгое время историки не подвергали сомнению слова египетских хроник, поэтому общепризнанной причиной ка-

тастрофы бронзового века полагалось нашествие «народов моря». Более того, сохранилась табличка, в которой правитель Угарита просит о помощи критского царя, поскольку не может противостоять семи вражеским кораблям, разоряющим окрестности. Армия и флот самого Угарита находилась тогда в Малой Азии, где, очевидно, тоже не все пребывало в спокойствии. Найдены и документы Микенского царства, свидетельствующие о росте пиратства. Впрочем, нет никаких оснований полагать, что речь тут идет о той же самой волне переселенцев (да и вообще – о переселенцах), с которыми столкнулся Рамзес III.

Никакие источники, кроме египетских, не упоминают об опустошающем движении «народов моря». Более того, археология опровергает утверждение, что по всему Средиземноморью прошло разрушительно нашествие варваров. Бесспорным является лишь то, что по всему региону города были разрушены или заброшены примерно в тот же период, когда мигрировали «народы моря».

# Причины бронзового коллапса

Обилие современных данных заставляет нас взглянуть на ситуацию шире. Судя по всему, падение царств Восточного Средиземноморья было обусловлено множеством взаимосвязанных причин, и нашествие занимало там не самое важное место. Похоже, что «народы моря» сами являлись жертвами цивилизационного коллапса, вынужденными покинуть свои дома. В новых землях переселенцы встретили уже изрядно ослабевшие государства, которые больше не могли себя защитить.

Вполне вероятно, что «народы моря» изначально не столько осаждали крупные укрепленные города, сколько в поисках земли и пропитания расселялись по обширным территориям, захватывали малые склады и заставы, нападали на торговые корабли, разрушая тем самым устоявшиеся сложные коммерческие сети микенцев и финикийцев. В результате греки лишились поставок меди, Кипр, Малая Азия и Ближний Восток – олова. Крупные города, живущие с торговли и металлургии, не смогли пережить такого удара, и международная экономика распалась.

Сейчас уже нет сомнений, что окончание бронзового века сопровождалось резкими климатическими изменениями. В Средиземноморье становилось холоднее, выпадало меньше

осадков, снижались урожаи. Это, несомненно, вызывало голод, упоминания о котором встречаются, например, в архивах Угарита и хеттов. С другой стороны, жалобы на нехватку продовольствия мы находим в течение многих веков до рассматриваемых событий, поскольку большая часть региона не могла прокормить себя самостоятельно и находилась в зависимости от поставок зерна из Египта и Междуречья.

Отдельно нужно остановиться еще на одном моменте – производство металла требует огромного количества топлива. В плавильных печах промышленных регионов сжигались колоссальные объемы дров. Массовое уничтожение лесов усугубляло климатические изменения и вредило земледелию. Районы, где плавил медь и бронзу, становились еще больше зависимыми от поставок продовольствия.

Археологи также находят множество подтверждений тому, что бедствия, вызванные климатическими изменениями и голодом, сопровождались землетрясениями, разрушавшими города по всему Ближнему Востоку. Хотя, как это часто случалось в человеческой истории, нередко люди вновь заселяли и отстраивали свои поселения.

Есть также и некоторые доводы в пользу того, что какая-то часть дворцов была уничтожена в результате бунтов и восстаний, а вовсе не нашествий. Внутренние волнения вовсе не кажутся удивительными в условиях голода и стремительного падения экономики.

Кроме того, в уже известном нам храме в Мединет-Абу,

а также на более ранней стеле фараона Мернептаха говорится, что «народы моря» несколько раз тревожили Египет в предшествующие десятилетия. И что совсем удивительно, но некоторые из «народов моря» иной раз выступали союзниками египтян.

К такому заключению современные историки пришли на основе анализа множества косвенных, в первую очередь – археологических, свидетельств. А в древности никому из современников, похоже, не пришло в голову отрефлексировать и описать словами то, что происходило вокруг. Даже египтяне просто фиксировали единичные факты.

Если обобщить все данные, то на основании имеющихся сегодня доказательств можно предполагать следующее. К началу двенадцатого века до нашей эры социально-политические системы Восточного Средиземноморья непрерывно усложнялись в экономическом и техническом плане за счет создания все более сложных и разветвленных торговых сетей. Контролировавшие их правители и дворцовая администрация концентрировали в своих руках все больше власти и влияния, подстраивая жизнь целых регионов под нужды международного разделения труда. Экономика каждого царства становилась все более зависимой от своевременных поставок олова, меди, бронзы, железа, зерна, древесины, золота и других важных товаров. Коммуникации все усложнялись, себестоимость сырья росла, целые города поколениями жили

за счет посреднических услуг. Объемы добычи олова непрерывно увеличивались, приближались к своим естественным пределам. Новых источников сырья попросту не существовало. До определенного момента все шло хорошо, и каждый игрок в регионе оставался в выигрыше: численность населения росла, благосостояние жителей – тоже. Элиты не видели причин что-либо менять, впрочем, у них не было для этого сил и возможностей. Бюрократический аппарат, непрерывно разлагаемый коррупцией и борьбой за власть, стремительно терял эффективность.

Дальнейшее решение внутренних проблем за счет экспансии оказалось невозможным, поскольку было завоевано все, что возможно завоевать. Длительный период всеобщего мира привел к тому, что военная верхушка государств переродилась в торговцев и чиновников, ведь только так получалось продвинуться и разбогатеть. Везде процветал гедонизм и тяга к роскоши. Поскольку элиты получали основные доходы с контроля не территорий, а глобальных торговых путей, то коммерческие интересы все чаще шли в разрез с государственными. Для охраны границ и караванов, а также для решения локальных конфликтов нанимали варваров. Дошло до того, что из них набирали даже дворцовую стражу. Численность населения увеличивалась, но экономика, ограниченная доступными объемами добываемых металлов (в первую очередь олова) и технологиями сельского хозяйства, уже не нуждалась новых рабочих руках. Единствен-

ным способом существования для многих людей оказались разбой или пиратство.

Система сохраняла равновесие достаточно долго. Народы бронзового века множество раз преодолевали засухи и голод, землетрясения и нашествия, но в конце двенадцатого столетия до нашей эры одна беда сменяла другую слишком быстро. Изменения климата усугубились проблемами с экологией из-за множества вырубленных лесов. Слишком сложные и длинные торговые и экономические цепочки оказались чересчур непрочными. Коммерция нарушилась. Целые регионы перестали получать необходимые им ресурсы в нужном количестве. Какое-то царство не смогло этого пережить (вследствие внутренних волнений или вторжения извне), а затем сработал эффект домино. В полностью глобальной экономике исчезновение даже одного участника означает крах для всей системы. Крупные города, полностью зависящие от контроля торговых путей, стремительно захирели и были покинуты. Огромное число людей, живших с ремесла, посредничества, военной службы или пиратства, разом остались без средств к существованию. Немногие поселения, которые все же пытались приспособиться к переменам, оказались не в состоянии защитить себя перед ордами переселенцев, вынужденных искать пропитания и добычи в землях, которые ранее считались богатыми. Пришлые народы в первую очередь заполняли освободившиеся территории, строились поверх уже разрушенных городищ, не стес-

няясь, впрочем, при необходимости расчищать себе путь силой.

Поскольку поставки олова прекратились, стало невозможно выплавлять бронзу, а значит – не из чего было изготавливать оружие для больших армий. Великие империи сменились мелкими городами-государствами. За неимением бронзы пришлось довольствоваться металлом пусть худшего качества и более трудоемким в получении, но доступным в Средиземноморье – наступил железный век. На многих территориях полностью исчезла письменность. Сам период с 1200-го и примерно до 900 года до нашей эры называют «темными веками». Когда новый мир возник из обломков старого, на историческую сцену вышли уже совсем другие народы – персы, финикийцы, израильтяне и арамейцы, а позже афиняне и спартанцы.

## **О том, почему люди прошлого не записывали свои мысли и идеи**

Вся описанная выше масштабная картина бронзового коллапса была восстановлена усилиями множества историков и археологов, проанализировавших огромное число артефактов и находок. Практически по каждому эпизоду ведутся жаркие споры и дебаты, и едва ли когда-нибудь специалисты придут к окончательному мнению. Слишком давно происходили описанные события, слишком трудно давать однозначную интерпретацию результатам раскопок. Всего несколько небольших текстов той эпохи, содержащие хотя бы краткое описание и характеристику происходящего, могли бы разрешить практически все имеющиеся вопросы. Увы, таких текстов обнаружить не удалось, и, насколько мы понимаем, едва ли когда-нибудь удастся.

Нет сомнений, что фараоны и цари бронзового века достаточно хорошо понимали международную обстановку и имели в своем распоряжении точные данные о множестве происходящих в Средиземноморье событий. Дипломатическая переписка тех времен полна сложными намеками, двусмысленностями, юмором и саркастическими замечаниями, показывающими, что информированность правителей о жизни других стран и народов была высока. Если кто-либо нуждал-

ся в помощи, то практически всегда подкреплял свою просьбу утверждением, что о его бедах всем хорошо известно. В мире с развитой международной торговлей информация распространяется стремительно, ведь она и сама является товаром. Иначе и быть не могло. Очевидно, что существенная часть важных сведений передавалась устно, а ее запись и во все считалась нежелательной.

Точно так же древние жрецы, сказители, инженеры, кузнецы, торговцы, моряки, дипломаты и прочие высококвалифицированные специалисты вовсе не желали, чтобы премудрости их ремесла были доверены глиняным табличкам или папирусу. Записывалось лишь самое необходимое, что требовалось рассказывать многим, подобно простым математическим задачкам, справочным таблицам или гимнам. Либо же записывались самые популярные и в целом известные публике вещи, подобные эпосам о Гильгамеше, чтобы наполнить этими текстами царские сокровищницы. Но даже это часто вызывало недовольство. Так, например, когда в V веке до нашей эры иудейский священник Ездра вернулся из Персии в Иерусалим и начал публично читать Писание (составленное грамотными евреями во время их пребывания в вавилонском пленении), то породил этим двухвековой конфликт между священниками Храма и книжниками-раввинами.

Кроме того, многие вещи и события просто считались общеизвестными и вовсе не требующими какой-то фиксации. Наивно полагать, что египетский жрец или ассирийский пи-

сец задумывался о том, что спустя три тысячи лет ученых будет волновать практически каждый аспект его жизни и его мировоззрения.

Иными словами, письменность считалась инструментом для прикладных хозяйственных нужд, а понимания того, что с ее помощью можно фиксировать культурное и интеллектуальное богатство эпохи, очень долго не существовало. На самом деле считалось, что так поступать не нужно и даже опасно. Такой ситуации положили конец греки. Они являются первыми людьми, понять мысли и чаяния которых мы можем не через косвенные догадки, построенные на основании мифов, религиозных верований и законов, но посредством всего лишь элементарного акта чтения.

# ГЛАВА ЧЕТВЁРТАЯ. РОЖДЕНИЕ ИСТОРИИ

## Алфавит и новый греческий миф

Как мы уже видели, письменные источники достаточно мало сообщают нам об исторических перипетиях бронзового века, однако народная память жителей Средиземноморья сохранила события минувшей эпохи в мифологической форме. Долгое время предания о прошлом передавались исключительно из уст в уста, поскольку на огромных территориях письменность просто исчезла. Впрочем, постепенно грамотность начала возвращаться туда, где о ней забыли, и стала даже понемногу развиваться. В результате финикийцы, не удовлетворившись чужими иероглифическими или слоговыми знаками, пришли к удивительному решению – обозначить специальными символами звуки своего родного языка. Это, казалось бы, очевидное решение на самом деле совсем неочевидно, ведь ранее многие народы предпочли взять готовую письменность других культур, а не создавать свою. Однако для финикийских мореходов и торговцев, вероятно, оказалось важным не столько создавать серьезные тексты,

сколько делать краткие путевые заметки и вести бухгалтерский учет. Потребовалась максимально примитивная система письма, которую сможет легко и быстро освоить любой человек. И такая система была придумана в виде букв. Чтение и письмо сразу же многократно упростились.

К началу VIII столетия до нашей эры сведения о финикийском изобретении – алфавите – достигли Греции, где уже назрела необходимость зафиксировать сформировавшуюся за темные века устную традицию. Множество поэм троянского и фиванского циклов были записаны со слов профессиональных сказителей почти сразу же после появления у эллинов собственных букв. Получившийся набор текстов, по сути, обрел фундаментальный статус, подобно еврейскому Танаху, но, к сожалению, до наших дней сохранились только «Илиада» и «Одиссея». Остальные поэмы известны лишь по отдельным строкам и кратким пересказам.

Казалось бы, тут нет ничего нового – мы уже видели, как шумерские писцы зафиксировали, например, легенды о Гильгамеше. Но разница все же имелась, причем немалая. Овладеть клинописью было невероятно трудно – в Междуречье грамотность сама по себе являлась редкой привилегированной профессией. А вот выучить греческий алфавит и приобщиться к классическому эпосу мог практически любой. Популярность поэм Гомера была столь высока, что каждый образованный человек знал их наизусть хотя бы частично, а зачастую – целиком. Тексты копировались бесчисленное

число раз.

Встреча богатой словесной традиции с простой системой письменности привела к невиданному доселе уровню грамотности, повлекшему качественные изменения в том, как люди воспринимали себя и события вокруг. Веками человек глядел на мир через призму устоявшихся зафиксированных в мифе обычаев, но теперь греческому традиционному обществу потребовался новый инструмент, дабы отразить стремительные изменения в экономике, политике и культуре, связанные со складывающимся городским образом жизни. Образованные эллины больше не соглашались понимать происходящее просто как отражение воли божества, они желали видеть реальные причины в человеческих делах и поступках. Мир древних греков менялся слишком стремительно, и мифология больше не справлялась со своей ролью.

# Греческое общество до начала своего расцвета

К моменту расцвета классической Греции главенствующими во всех отношениях державами региона являлись веками сменяющие друг друга царства Анатолии и Месопотамии, мощь которых зиждилась на огромных урожаях Плодородного полумесяца. На смену хеттам пришла Ассирийская империя, занявшая территории от Тигра и Евфрата до дельты Нила. Однако в VII столетии до нашей эры от нее поочередно откололись Египет и Вавилон, а сама Ассирия была завоевана мидянами, закрепившимися в северной части Междуречья. Одновременно с этим южный бассейн Тигра и Евфрата захватили персы, а в 550 году до нашей эры их царь Кир разгромил мидян, подчинив себе все земли между Средиземным морем и берегами Инда.

В эти времена Греция являлась, по сути, дальней западной окраиной огромного региона, в котором шла непрерывающаяся борьба за плодородные земли. Никому не было дела до рассеянных по островам и гористым клочкам земли эллинов, между селениями которых проще было перемещаться морем, чем по суше. Неудивительно поэтому, что греки представляли собой множество мелких автономных сообществ, искусных в корабельном деле. Правда изначально-

но сменившие микенцев северные эллинские племена опасались заниматься судоходством (в их родном языке даже не имелось слова «море»), но они быстро освоились. Поначалу торговлей между Месопотамией, Египтом и западным Средиземноморьем занимались в основном сирийские и финикийские купцы, но постепенно к перевозке товаров подключились и греческие мореходы. Захватывая торговые пути и вытесняя финикийцев, эллины в VIII- VI веках до нашей эры основали множество колоний-поселений в Южной Италии и на Сицилии, во Франции и Испании, на берегах Черного моря и побережье Малой Азии, на Кипре и в Египте. Само географическое положение Греции было таковым, что она неминуемо получала контроль над важной частью торговых путей.

В самой же Элладе, по мере роста населения, начал ощущаться недостаток пригодной для сельского хозяйства земли, поэтому хлеб приходилось завозить из более плодородных мест. На родине же греки в основном занимались скотоводством, дававшим шерсть и мясо, разведением дорогостоящих культур: оливы и винограда, либо же – ремеслом. Последнему весьма способствовало богатство региона полезными ископаемыми: мрамором, керамической и гончарной глиной, суриком, медью, серебром и золотом. Вино, масло и ремесленные изделия вывозили за море, а там обменивали на хлеб. Появились государства, которые уже не могли существовать без зерна из северного Причерноморья, Италии ли-

бо Сицилии. Все это привело к расслоению родовых общин и формированию классового общества.

Также за счет разветвленной торговли греки получили непосредственный доступ к достижениям огромного региона, где соединялись культуры и традиции со всех концов мира: от Индии и Китая до Ближнего Востока. Отсутствие центральной власти позволяло практически любым идеям свободно распространяться по всему обширному греческому миру.

Долгое время эллины не вели борьбу за политическую власть над большими территориями, поскольку не видели смысла и возможности объединять воедино свои многочисленные поселения. Но развитие торговли с Востоком привело к увеличению благосостояния региона и росту населения. Постепенно мелкие деревни объединились вокруг городских центров – полисов, – одновременно с этим выделились и возвысились отдельные наиболее состоятельные семьи. В ряде греческих городов сложились системы демократического самоуправления, где свободные мужчины-землевладельцы принимали совместные решения путем голосования. Другие города контролировались группами богатейших семей – олигархами, либо отдельными лицами, захватившими власть силой – тиранами. Нередко одна система правления сменяла другую в результате жестокой кровопролитной борьбы.

Важнейшую роль в истории древней Греции сыграли

Афины – крупнейший в Элладе полис, объединивший многие города Аттики, контролирующий богатые Лаврионские серебряные рудники и распространивший свое влияние по всему Эгейскому морю и за его пределами. Период наивысшего расцвета афинской культуры (вторая половина V века до нашей эры) подарил миру выдающихся философов, скульпторов, архитекторов и поэтов. Именно в Афинах возникла письменная история, основатели которой, Геродот и Фукидид, пожелали записать для потомков важные события недавнего прошлого, а также указать их подлинные причины.

До этого у греков, как и у множества других культур, не возникало желания и потребности записывать свою историю, хоть иногда и предпринимались попытки рационалистически осмыслить мифы или составить хронологии (что позволяло, например, обосновать права на владение землей). Однако затем на глазах всего нескольких греческих поколений произошел ряд грандиозных событий, не уступавших по драматизму эпосам Гомера. Стремительно ломались почти все элементы старого мировосприятия, а появившийся алфавит помогал фиксировать происходящие изменения и не забывать о них. В самом центре всех этих событий и находились Афины.

# Восстание Килона и реформы Солона

Еще в 632 году до нашей эры популярный олимпиец Килон возжелал стать тираном Афин и с группой соратников захватил акрополь. Ожидалось, что народ недовольный своеволием богатых семей поддержит переворот, однако этого не случилось. Афиняне спешно собрали свое войско и осадили захватчиков. Килон бежал, а его сподвижников взяли в плен и перебили.

Тем не менее, серьезные социальные трения действительно имели место. Причиной недовольства являлось долговое рабство, сохранившееся со времен малых земледельческих общин. В древности столь суровый обычай гарантировал, что должник не сможет избежать ответа по обязательствам перед своими родственниками, но в крупном государстве долговое рабство привело к катастрофическим последствиям. В случае неурожая или иных трудностей земледелец вынужденно брал займы у богатой семьи, и если ему не удалось расплатиться вовремя, то он отдавал свою землю, а иногда – даже детей. В результате общинные поля переходили в руки богачей, а лишенные наделов земледельцы влезали в новые долги и, не имея возможности их вернуть, становились рабами. Жалобы в ареопаг не имели смысла, ведь совет состоял из представителей тех же самых состоятельных оли-

гархических родов.

При этом ни один из знатных родов не мог возвыситься настолько, чтобы захватить власть, поэтому ситуация не менялась – богачи продолжали угнетать народ, враждуя при этом и между собой. Напряжение росло. Афинские крестьяне мечтали о перевороте, тем более что в некоторых греческих городах подобные восстания уже завершились успехом. У важных семей, разумеется, имелась многочисленная вооруженная охрана, поэтому они рассчитывали одолеть неорганизованных бедняков, как это уже произошло в Спарте и Фессалии. Однако в рядах аристократов назревал раскол: часть из них обогащалась на том, что завозила в Афины дешевый заморский хлеб, отбирая тем самым доходы у местных крупных землевладельцев. Влиянию старой аристократии противились также и крупные ремесленники, видевшие свой интерес в сотрудничестве с торговцами, обеспечивающими сбыт товаров. Город оказался на пороге гражданской войны.

К счастью афинянам хватило благоразумия избежать кровопролития и на период 594-593 годов до нашей эры передать власть над полисом в руки знатного и всеми уважаемого, но небогатого поэта и политика Солона. Чтобы примирить враждующие стороны и разрешить сложившийся конфликт, Солон предложил ряд реформ, выгодных каждой социальной группе.

Долговое рабство было отменено навсегда, а конфиско-

ванная за неуплату земля возвращена прежним владельцем. При этом официально было закреплено право взимать любой процент по долгам и отчуждать наделы за неуплату. Как следствие, вскоре многие крестьяне вновь остались ни с чем, но оснований для протеста у них больше не было. Разорившиеся, но все же свободные бедняки из деревень потянулись в город, и владельцы ремесленных мастерских получили множество дешевых рабочих рук, а торговцы – больше товаров, чтобы выгодно продать их за морем. Разумная денежная реформа также способствовала развитию коммерции. Из земледельческого государства Афины стремительно превратились в богатейший торгово-ремесленный полис, где привечали каждого желающего начать свое дело.

Одновременно с этим за богатыми и знатными семьями закреплялось право на высшие государственные должности, людям среднего достатка отводились менее значимые посты, бедняки же получил возможность принимать участие в работе суда присяжных и народного собрания. Обязанности и налоги устанавливались соразмерно достатку.

Также Афины получили территориальное деление на четыре административные единицы – филы – представители которых составляли Совет Четырехсот сформированный как противовес знатному ареопагу.

# Тирания Писистрата и реформы Клисфена

Установленный Солоном порядок, впрочем, просуществовал лишь четыре года, после чего возобновилась полная интриг борьба аристократов, мелкого крестьянства и ремесленно-торгового населения. Родственник Солона по имени Писистрат при поддержке простого народа дважды ненадолго становился тираном, но лишь с третьей попытки сумел в 546 году до нашей эры окончательно подчинить себе Афины. Сразу после этого был установлен режим максимально лояльный к сохранению мелких крестьянских хозяйств. При этом законы Солона (равно как и органы власти) продолжали действовать, а сам Писистрат формально даже не занимал никакой должности, просто поддерживая своим авторитетом сохранение новых порядков. За годы его правления экономика города расцвела, а влияние Афин усилилось по всей Греции. Права крупных земледельцев больше не ущемлялись, но они, занятые хозяйством, постепенно отстранялись от участия в политике.

После смерти Писистрата власть перешла к двум его сыновьям Гиппию и Гиппарху, продолжившим политику отца в плане развития города, укрепления союзов и создания новых колоний. В этот период персы захватили контроль над

черноморскими проливами, что лишило Аттику регулярных поставок хлеба, покупать который теперь приходилось через третьи руки в Египте, Малой Азии либо на Сицилии. Цены на продовольствие возросли, что сразу же вызвало недовольства у демоса. На фоне народного возмущения обиженная тиранами аристократия организовала заговор и убила Гиппарха. Разгневанный смертью брата Гиппий перешел к суровой политике казней и изгнаний. Одновременно с этим он, ради доступа к черноморскому хлебу, вынужденно пошел на сближение с персами.

Возмущенная всем этим группа изгнанных знатных афинян, возглавляемая выходцем из торгово-ремесленной среды Клисфеном, подкупила Дельфийского оракула, чтобы тот дал спартанцам указание освободить Афины от тирана. План увенчался успехом – в 510 году до нашей эры проигравший Гиппий покинул Афины и отправился в Азию, где надеялся получить персидскую помощь и вернуть былое могущество.

В освобожденных спартанцами Афинах власть сразу же попытались захватить землевладельцы-олигархи, но этим планам помешало всеобщее народное восстание, вовремя продержанное партией прозорливого Клисфена. Опасаясь объединенных сил Спарты и ее союзников, Клисфен, не имея выбора, обратился за поддержкой к Персии, признав ее протекторат над Афинами. Последнее обстоятельство легко объясняется еще и тем, что коммерческие интересы Аттики были во многом связаны именно с подконтрольными пер-

сам территориями. Победивший демос доверил своему вождю Клисфену провести серию радикальных реформ. Впрочем, законов в пользу бедноты не появились, зато Клисфен завершил борьбу с привилегиями старой аристократии, создав строй, просуществовавший без особых изменений до конца афинской независимости.

Крепкая связь членов одного рода с конкретной территорией давно исчезла – люди селились и перемешивались по всей Аттике. Солон уже добавил к социальному делению государства еще и территориальное, но четыре филы все еще подчинялись тем аристократам, чьи поместья располагались на их территории. Тирания Писистрата существенно ослабила влияние аристократии, поэтому Клисфен решил поделить Аттику на десять новых фил, каждая из которых включала часть Афин, часть внутренней равнины, и часть прибрежной полосы. Причем эти территории намерено отстояли далеко друг от друга. Сами филы делились на малые административные единицы – демы, объединяющие небольшие деревни либо районы крупных селений. Каждый такой дем пользовался широким самоуправлением в местных вопросах, но в государственных делах мог участвовать лишь через филы.

От каждого дема жребием выбирались представители в Совет Пятисот, являвшийся тем органом, который готовил законы к рассмотрению на народном собрании. Сам Совет имел обширную контрольную и административную власть, заседая почти ежедневно. Без его одобрения никакой закон

не мог быть вынесен на народное собрание, которое собиралось не менее десяти раз в год.

Ареопаг и архонты больше не контролировали работу государственной машины, хотя еще долго сохраняли роль правительства Афин в сильно ограниченном виде. Городская казна перешла под контроль Совета, а верховный военачальник хоть и назначался из архонтов, но являлся лишь председателем коллегии стратегов, демократически избранных каждой филой.

Опасаясь возможности возврата тирании, Клисфен ввел остракизм – народное голосование, когда на глиняных черепках писали имя человека угрожающего демократии. Набравший большинство голосов изгонялся на 10 лет. Это считалось не наказанием, а превентивной мерой: подвергшийся остракизму не считался преступником и по истечении указанного срока мог спокойно вернуться в Афины, поскольку его имущество не конфисковалось.

Таким образом, с родовыми привилегиями было покончено, зато имущественные привилегии полностью сохранились: бедняки по-прежнему не могли претендовать ни на какую должность.

# Краткие итоги социальных и экономических изменений в Афинах

Еще в начале VI столетия до нашей эры афинского государства фактически не существовало, а политической жизнью региона руководили лидеры отдельных клановых группировок. Мелкие земледельцы за долги постоянно попадали в кабалу и рабство к аристократам. Предприимчивые горожане хоть и зарабатывали деньги, но несли обременительные общественные повинности и не имели никаких прав. Недовольство простого народа росло, а богатеющие ремесленники и купцы постепенно ощущали свою силу. Люди непрерывно перемещались с места на место, а родовая община разлагалась. В итоге уже к концу того же столетия после серии напряженных внутренних конфликтов клановые объединения уступили место территориальным политическим единицам, богатые горожане добились равенства в правах с аристократами, все свободные граждане получили доступ к участию в политических вопросах, рабство за долги исчезло. Последний аспект означает, что греки перестали брать в рабство соседей-греков, но – не варваров.

Конфликт знати и простого народа сменился антагонизмом между богатыми и бедными, а также – между свободными и рабами (занятыми в основном в ремесле, горном де-

ле или общественных работах). Изменения происходили постепенно, но стремительно, причем каждый шаг требовалось отвоевывать в открытой борьбе. Вооруженные выступления демоса привели к тому, что Солон был вынужден сделать ряд уступок новым общественным силам в ущерб интересам родовой аристократии. Писистрат, поддерживающий мелкое крестьянство, продолжил борьбу с богатыми землевладельцами, но оказался вынужден завозить из-за моря необходимый народу хлеб, чем заметно усилил торговцев и, как следствие, ремесленников. Клисфен законодательно закрепил новое распределение сил. Так возникла рабовладельческая демократия, опирающаяся на стремительно богатеющий городской торгово-ремесленный класс. Афины вступили в свой золотой век, отмеченный рассветом культуры и искусств.

Одновременно с этим коммерческие интересы, а также угроза со стороны Спарты заставили афинян признать над собой персидский протекторат. Однако реально население Аттики не желало подчиняться воле Ахеменидов, что не могло остаться без последствий.

# Марафон

Во время всех описанных событий персы пребывали на пике своего могущества и контролировали огромные территории. Эллинам некоторое время везло находиться на периферии постоянно расширяющихся имперских интересов, но такое положение дел не могло сохраняться долго. Во второй половине VI столетия до нашей эры персы взяли под контроль черноморские проливы, подчинили греческие города Малой Азии, захватили Фракию и вынудили Македонию заключить союз. Дальнейшее наступление на богатую материковую Грецию казалось неизбежным. Ионийцы в Малой Азии, заручившись поддержкой Афин и Эретрии, подняли восстание и даже одержали ряд побед, однако вскоре повстанцы были полностью разбиты.

В 491 году до нашей эры персидский царь Дарий потребовал от всех свободных греков принести его послам землю и воду. Данный ритуал фактически являлся признанием полной покорности, и почти все эллинские города склонились перед мощью империи Ахеменидов. Но были и отказавшиеся: Эретрия просто отклонила требования, в Афинах персидских посланников казнили, а в Спарте и вовсе – бросили в колодец, предложив поискать воды и земли там.

Разгневанный Дарий организовал военную экспедицию

против непокорных греков, причем провожатым вызвался выступить давно изгнанный афинский тиран Гиппий, глубокий старик, мечтающий вернуть былую власть. Персидское войско морем прибыло на остров Эвбея, где жители Эретрии попытались оказать мужественное сопротивление, однако на шестой день осады предатели открыли ворота, город был разграблен, храмы сожжены, а пленники обращены в рабство. Путь на Аттику оказался открыт.

Переправившись на материк, персы по совету Гиппия высадились рядом с местечком Марафон в 40 километрах от Афин. Понимая, что спартанская помощь не подоспеет вовремя, афиняне, несмотря на малочисленность своих сил, решили дать битву. Расположившись в теснине, где не могла действовать персидская конница, греки заняли оборонительную позицию. Покидать просторное побережье и нападать на плотный строй тяжеловооруженных гоплитов персы не захотели – некоторое время они выждали, а затем начали садиться обратно на корабли, чтобы переправиться ближе к Афинам. Когда на берегу не осталось всадников, греки яростно бросились на остатки вражеского войска. Дерзкое нападение увенчалось немалым успехом: персы спешно и с потерями отплыли прочь, причем афиняне даже успели захватить несколько кораблей. Победившие греки, не теряя времени, маршем направились обратно к Афинам, и поэтому, когда неприятельский флот подошел к городу, то вновь увидел готовое к битве войско. На повторное сражение пер-

сы не решились и уплыли восвояси.

Для империи неудача при Марафоне имела малое значение: Дарий продемонстрировал силу, сохранил существенную часть экспедиционной армии и практически весь флот, а потому не счел себя побежденным и продолжил считать материковых греков своими подданными.

Эллины же смотрели на произошедшее совсем иначе: для них это была первая победа над считавшимся несокрушимым войском Ахеменидов. После марафонского триумфа Афины получили новое поколение героев – не легендарных персонажей древнего эпоса, но своих отцов и сыновей, друзей и соседей. Реальные люди из всех слоев общества (в битве участвовали даже рабы) совершили подвиг, не уступающий деяниям Ахилла и Одиссея. Более того – решение выступить на врага принималось в результате открытого обсуждения, что убедительно свидетельствовало в пользу демократического устройства афинского государства. Стратегу Мильтиаду, фактически командовавшему греческим войском, отказали в масличном венке, поскольку победу решили считать общим делом. Опоздавшие к сражению спартанцы справедливо воздали хвалу и восхищение афинянам, чем еще сильнее укрепили моральный дух последних.

# Вторжение Ксеркса

Тем не менее, всем было абсолютно ясно, что Марафон ничего не решил, и нужно ожидать нового более опасного нашествия с востока. Дарий даже планировал поход, но тут началось египетское восстание, вскоре после которого персидский царь умер. Его сын и наследник Ксеркс умиротворил египтян, а затем и недовольных вавилонян, стабилизировал империю и, наконец, начал активную подготовку к войне с греками. Наводились новые мосты, заготавливалась провизия, велась дипломатическая работа (например, Карфаген должен был напасть на Сицилию и отвлечь италийских греков). В середине лета 480 года до нашей эры огромная армия, включавшая войска от всех покоренных персами народов, переправилась через Геллеспонт и двинулась на юг через Фракию и Македонию. Кроме того, Ксеркс собрал громадный флот для поддержки своих сухопутных сил.

Многие греческие государства не нашли в себе смелости вести войну со столь грозным противником, и потому решили занять сторону персов. Простой народ в своей массе вообще не хотел никакой войны и предпочитал покориться приближающейся силе, лишь бы спасти от разорения свои поля и сады. Фактически, к сопротивлению были готовы лишь Афины и Спарта, причем на то у них имелись вполне кон-

кретные причины.

Для афинян было чрезвычайно важно вернуть контроль над путями к Черному морю, поскольку оттуда в Аттику завозили жизненно важный хлеб. Понимая, что предстоит тяжелейшая морская война, афинское народное собрание уже несколько лет направляло все серебро Лаврийских рудников на строительство новых кораблей.

Спартанцы, напротив, не хотели масштабной войны, опасаясь отправлять большое войско в дальний поход, ведь это грозило восстанием закабаленных земледельцев-илотов, которых попросту некому стало усмирять. С другой стороны – вторжение вражеской армии неминуемо привело бы к такому же восстанию, поэтому было решено перегородить стеной Коринфский перешеек, дабы не пустить персов на Пелопоннес. Однако никакие укрепления не имели смысла, если нападение произойдет с моря, поэтому Спарте все же пришлось вступить в коалицию с Афинами, имеющими лучший флот во всей Греции.

План элинов был достаточно мудрым – задержать персидские силы в Фермопильском ущелье. Тяжелое вооружение и стиль боя греков идеально подходили для того, чтобы небольшими силами защищать узкий скалистый проход, где численность врага почти не играла никакой роли. Одновременно с этим чуть севернее греческие корабли смогли искусно заблокировать персидский флот у мыса Артемисий, не позволив врагу высадить морской десант с тыла и организовать

снабжение сухопутных сил. Предполагалось, что если долго удерживать на одном месте огромную армию Ксеркса, то у нее должны возникнуть проблемы с едой и водой. Кроме того, спартанцы выигрывали время, чтобы закончить возведение стены через Коринфский перешеек.

Два дня персы безуспешно пытались прорвать греческие позиции, после чего сумели отыскать горные тропы и зайти эллинам в тыл. Дальнейшее сопротивление не имело смысла. Спартанский царь Леонид отпустил союзников, но сам остался со своими воинами биться до конца, ведь по суровым законам его станы отступление каралось бесчестьем. К концу дня, хоть это и стоило персам огромных потерь, защитники Фермопил были перебиты. Греческий флот поспешно отошел на юг.

Теперь уже ничто не могло помешать Ксерксу опустошить Аттику. Ареопаг организовал и оплатил эвакуацию женщин, стариков, детей и рабов, а все способные держать оружие мужчины отправились в армию или на флот. Подошедшие персы сожгли Афины и перебили немногочисленных оставшихся защитников Акрополя. Жестокость и бесчинства захватчиков положили конец всяким сомнениям касательно того, имеет ли смысл заключать соглашение с Ксерксом. В порыве патриотизма все греки объединились желанием прогнать врага с родной земли.

Крайне важным было не подпустить персидский флот к Пелопоннесу, поскольку тогда укрепления Коринфского пе-

решейка теряли смысл. К счастью для эллинов, Ксеркс пожелал дать решающее морское сражение близ острова Саламин. Это оказалось его стратегической ошибкой. В самом деле, греки уступали как по числу кораблей, так и по уровню мореходного искусства, но в узком проливе это оказалось некритично. Зато тяжелые греческие триремы были менее восприимчивыми к тарану и лучше сохраняли устойчивость на воде. Персидские корабли не имели пространства для маневра, мешали друг другу и, не зная фарватера, часто садились на мель. В результате греки полностью разгромили вражеский флот и перехватили тем самым инициативу в войне.

Наблюдавший с берега за битвой Ксеркс поспешно отбыл обратно в империю, поскольку испугался, что греки поплывут к Геллеспонту и заблокируют обратный путь в Азию. Тем не менее, существенная часть персидской армии продолжила разорять Аттику, пытаясь склонить афинян к переговорам. Спартанцы предпочли отсиживаться за возведенной стеной и долго не предпринимали активных действий, однако, поняв, что Афины вскоре будут вынуждены принять условия мира, вывели объединенное войско эллинов с Пелопоннеса и уничтожили армию персов в битве при Платеях. Греки выиграли войну.

## Результаты победы греков над персами

Победа эллинов знаменовала переход полюса экономической активности из сельскохозяйственных районов Плодородного полумесяца в торговые воды Средиземноморья. Ремесло и коммерция получают невероятный для той эпохи размах. Греческие рынки наводняются восточными товарами и хлебом, а в мастерских теперь нередко трудятся десятки и даже сотни рабов. Последнее особенно важно. Ранее в Афинах было не очень много рабов, и в основном они являлись греками, которые потеряли свободу из-за долгов (пока этот вариант не запретили) либо при попадании в плен к соседнему полису. Долги можно было отработать, а из плена выкупиться, так что неволя зачастую длилась недолго, и в любом случае к соплеменникам редко проявляли чрезмерную жестокость. Теперь же у афинян оказалось много пленных инородцев, которые не знали греческого языка и зачастую даже не понимали друг друга. Это исключало сострадание со стороны хозяев-греков и затрудняло возможность сговора. Как мы помним, рядом с Афинами имелись богатые серебряные рудники, и если в обычных мастерских условия труда были (в среднем) сносными, то надежды выйти их шахт практически не существовало. Азиатские правите-

ли, стремясь, заработать, с радостью продавали своих подданных в рабство, получая серебро из Эллады. Рабовладение окончательно закрепилось в греческом мире. Эллины, впрочем, объясняли свой успех превосходством демократии и свободы над деспотией. В самом деле, вольнолюбивые греки сами управляли государством и жили собственным умом, а глупые варвары могли лишь повиноваться жестоким царям, а потому не так и важно, кому именно они подчиняются.

Афины, ставшие теперь ведущей морской державой, заняли место политического и культурного центра Греции, постепенно включая в орбиту своего влияния все побережье Эгейского моря. Величие недавних побед, казалось, не уступало подвигам героев древности. А поскольку греческая культура была основана на эпосе, то возник спрос и на сказания о недавних событиях. Этим обстоятельством решил воспользоваться Геродот, создавший первое по-настоящему историческое произведение.

# Отец истории Геродот

Геродот был греком, но родился в подвластной Ахеменидам Малой Азии. Он принадлежал к знатному роду, но бежал от тирании городских правителей и много лет путешествовал, побывав в Египте, Финикии, Вавилоне, Сардах, а также посетив побережье Черного моря, Фракию, Македонию и материковую Грецию. В любом месте, где ему доводилось оказаться, Геродот вступал в беседу с каждым, кто был готов рассказать ему что-нибудь интересное обо всем на свете. Собранные сведения тщательно записывались, и в результате получилось повествование, состоящее из множества отдельных занимательных сюжетов, развивающихся на фоне идущей с незапамятных времен борьбы греков и азиатских варваров (то есть любых не-греков). Причем упор делался именно на историю Лидии, Египта, Скифии, а особенно – Персии. Последнее неудивительно, ведь Геродот высоко ценил родную для него культуру восточных народов, являвшихся, по сути, учителями эллинов.

Общая идея Геродота заключалась в том, что божественная воля отдала Азию местным деспотам, а Европу – демократичным грекам. Из этого проистекало, что любые взаимные попытки вторжения противоестественны, ведь они нарушают установленный порядок, и потому наказываются выс-

шими силами. На этом и основывалась общая историческая концепция: за нарушением установленных свыше порядков неизменно последует возмездие. Именно гневом богов объяснялся и провал похода Ксеркса на Элладу.

Несомненно, Геродот был знаком с уже существовавшей тогда немногочисленной греческой письменной традицией, однако основными его источниками являлись устные рассказы самых разных людей, записанные почти безо всякой критики. Лишь иногда сомнению подвергалось то, что казалось Геродоту чересчур уж нелепым. Неудивительно поэтому, что его сюжеты о далеком прошлом почти всегда являются просто легендами, а достоверность многих сообщений вызывает обоснованные сомнения. Тенденциозность текста также зачастую очевидна, ведь каждый рассказчик пытался представить события в выгодном ему свете. Зато точность и добросовестность наблюдений самого Геродота практически не вызывают нареканий.

Судя по всему, прибыв в Афины, Геродот рассчитывал зарабатывать на жизнь публичными выступлениями, рассказывая об удивительных приключениях выдающихся людей, а также о чудесах и достопримечательностях далеких краев. Все это предполагалось дополнительно обрамлять популярной тогда темой противостояния эллинов и народов востока. Подобные рассказы всегда в цене, и они действительно вызвали интерес у слушателей, но все-таки публика хотела несколько иного. Уловив чаяния афинян, Геродот увеличил

свое повествование более чем вдвое, добавив туда описание недавнего Греко-персидского конфликта. При этом новая часть являлась уже не собранием увлекательных сюжетов, но представляла собой связное последовательное изложение, опирающееся на факты и воспоминания очевидцев. Впрочем, поскольку в это время между греческими государствами уже нарастали собственные противоречия, Геродот, не стесняясь, приписал Афинам основную заслугу в победе над персами, а роль Спарты показал двойственно и даже местами негативно. Афиняне охотно платили за такое льстивое для них изложение событий.

Почти наверняка, Геродот выступал по памяти, каждый раз подстраиваясь под реакцию слушателей, но объем материала определенно требовал вспомогательных заметок. Кроме того, в те времена рассказчики часто записывали свои сочинения, поскольку среди образованных греков уже становилось популярным индивидуальное и коллективное чтение. В любом случае, Геродот собрал свой материал в единую книгу, дав получившемуся произведению название «История» (от «Ἱστορία» – расспрашивание, узнавание). С первых же слов автор сообщает нам, что собирается, во-первых, поведать о деяниях реальных людей, а, во-вторых, раскрыть причины, по которым греки воевали с персами. Это важный момент: прежние рассказы о прошлом не подразумевали вопроса «почему?», поскольку любые события полагались происходящими по воле богов. В лучшем случае давались фан-

тастические объяснения касательно обиды либо благосклонности высших сил – примером тут может служить сказание о яблоке раздора, послужившим причиной Троянской войны.

Новому греческому обществу требовались иные объяснения, поэтому Геродот решительно отвергает мифологическую трактовку событий. Подобный зачин дает читателю надежду на рациональное исследование событий со ссылками на факты и источники. Увы, «История» даже близко не соответствует заявленным целям, ведь Геродот так и не сумел добраться до реальных причин конфликта эллинов с восточными соседями. Вместо этого читатель находит множество поучительных и удивительных рассказов, услышанных автором во время своих многочисленных путешествий. Впрочем, из них складывается довольно подробное описание империи Ахеменидов, а также самих греко-персидских войн.

Конечно, сообщать всё, что тебе говорят, даже если ты и указываешь на сомнительные моменты – не лучший метод с современной точки зрения. Однако не следует забывать, что перед Геродотом в первую очередь стояла задача развлечь и заинтересовать публику. Огромным везением является уже то, что в определенный момент грекам захотелось слушать истории о своем недавнем прошлом, причем такие рассказы приходилось делать достаточно точными, ведь прошедшие события были еще свежи в народной памяти.

С другой стороны, именно благодаря указанному принципу (писать обо всем) мы сегодня имеем массу сведений о

религиозных взглядах и фольклоре народов того времени, ведь некоторые абсурдные по мнению Геродота факты на самом деле оказались верными и важными. Так, например, мы узнаем, что скифы зимой ездили по рекам на телегах (перемещались по льду), а финикийцы, следуя морем на юг вдоль Африки, стали видеть солнце слева, а не справа (то есть пересекли экватор).

«История» Геродота является важной вехой, отмечающей переход греческой культуры от устной мифологической традиции к письменной рационалистической. Данную трансформацию полностью завершит последователь Геродота – афинянин Фукидид, сознательно отказавшийся развлекать читателей занимательными баснями и поставивший во главу угла фактическую точность. Когда Геродот опубликовал свой труд, Фукидид был уже взрослым опытным человеком, а потому смог критически осмыслить прочитанное и понять, что в своей собственной работе он хочет придерживаться иных принципов. Именно поэтому Фукидид писал о том, в чем сам принимал участие – о долгой Пелопоннесской войне, которая покончила с гегемонией Афин среди греческих государств.

В результате «История» Фукидида (для своего труда он не стал выдумывать нового названия) стала первой книгой, сочиненной для чтения наедине, а не для исполнения перед аудиторией.

# Противоречия между Афинами и Спартой

Победа над Ксерксом дала Афинам пятьдесят лет могущества, которые позволили создать сильнейшую в Средиземноморье коалицию государств – Делосский союз. Персидские владения на берегах Эгейского моря были отображены силой, что в итоге открыло возможность контролировать огромные торговые потоки. Освобожденные эллины поначалу радовались происходящему, но вскоре их мнение поменялось. Многочисленных своих союзников Афины постепенно лишали независимости, жестко контролируя их товарооборот и вынуждая платить дань, которая формально считалась просто общим взносом на дальнейшую борьбу с Персией. Собираемые средства шли на содержание огромного флота, а позже – еще и для масштабного развития и украшения города. Лидер демократической партии Перикл за счет своего личного авторитета фактически руководил Афинами, хотя на деле занимал лишь одну из многих выборных должностей.

Спартанцы, также стремящиеся утвердить лидерство в Греции, возглавили Пелопонесский союз, опирающийся не на корабли, а на силу сухопутной армии. Соперничество двух групп государств отражало социально-экономические противоречия региона – Афины олицетворяли тенденции к

объединению и демократии, Спарта поддерживала олигархов и стремление каждого полиса к независимости. В каждом городе аристократы сочувствовали Спарте, а демократическая партия принимала афинскую сторону. Напряжение нарастало, но все осознавали губительные последствия столкновения крупнейших эллинских держав, а потому старались всячески избежать войны.

Однако, что важно понимать, кроме идеологического и политического противостояния имел место также и экономический конфликт. Для зависящих от ввоза заморского хлеба Афин было крайне важно укреплять монополию морской торговли, постоянно расширяя свое влияние. С расцветом рабства множество граждан в греческих городах потеряли работу, но демократические государства были вынуждены обеспечить им пропитание, что (в силу недостатка плодородных земель) требовало организации бесперебойного подвоза зерна из-за моря. Торговцы стремительно обогащались, афинское могущество росло, в Аттику завозилось все больше рабов, но это лишь увеличивало число безработных граждан, для пропитания которых требовалось усиливать давление на союзников. Однако положение на Эгейском и Черном морях вовсе не являлось безоблачным: постоянно вспыхивали восстания, а некоторые города и острова переходили обратно на сторону персов. Волей-неволей приходилось задумываться и о других источниках снабжения продовольствием – выдвигались планы укрепиться в Египте, захватить пло-

дородную Сицилию, Италию и даже Карфаген.

Однако торговля с Западом всегда лежала в сфере пелопоннесских интересов, поэтому Спарта (сама не заинтересованная в коммерции) принципиально поддерживала Коринф, контролирующий благодаря своему удачному положению западные морские пути. В те времена морякам проще было волоком перетащить корабли через Коринфский перешеек, чем пускаться в опасное плавание вокруг Пелопоннеса.

Перикл придерживался политики мирного проникновения на итальянские и сицилийские рынки, однако Афины не имели удобной гавани на западном побережье Греции. Для выхода в Коринфский залив было начато экономическое давление на маленькое бедное государство Пелопонесского союза – Мегары. Из-за незначительного пограничного инцидента им было запрещено торговать на всех рынках Делосского союза. Лишенные части дохода Мегары оказались перед угрозой голода и согласились открыть свои гавани для афинян. Коринф получил тяжелый экономический удар, но не мог ничего поделать, ведь Афины действовали в рамках своих прав и заключенных ранее договоров.

И все же Перикл противился тому, чтобы доводить дело до открытого столкновения, поэтому сторонники войны начали травлю его окружения. Жену Перикла, собиравшую у себя дома образованных мужчин и женщин, стали упрекать в сводничестве; философов Протагора и Анаксагора изгнали из Афин за безбожие; реконструировавшего акрополь скульп-

птора Фидия попытались обвинить в утайке золота, а затем просто бросили в тюрьму за оскорбление богов, где он умер при неясных обстоятельствах. Не имея возможности остановить нападки на своих друзей, Перикл, дабы сохранить авторитет, решился на обострение конфликта со Спартой.

Повод представился в самом скором времени. У Коринфа возникли противоречия с нейтральным островом Киркира (ныне Корфу), который обратился за защитой к Афинам и даже попросился в Делосский союз. Упустить такую возможность было нельзя, ведь Киркира являлась важнейшим пунктом на пути в Италию и Сицилию: именно там греческие корабли заканчивали каботажи и выходили в открытое море. Афиняне в большинстве своем уже считали войну неизбежной, а потому послали свой флот и прогнали коринфян, которые справедливо восприняли это как прямое вторжение в свою сферу влияния. Впрочем, согласно существующим договорам, Афины все еще находились в своем праве – помогать нейтральным государствам не возбранялось.

Спартанцы также были недовольны афинской политикой, но их войско вынужденно было всегда оставаться внутри страны, дабы не допустить восстания илотов. Поэтому Спарта ограничивалась в основном моральной и финансовой поддержкой аристократических переворотов в недовольных демократами городах. Реальная военная помощь, хоть и обещалась, но чаще всего не предоставлялась. Коринф, однако, не желал более терпеть вмешательства в свои экономические

дела, а потому прямо заявил, что выйдет из Пелопоннесского союза, если не будут предприняты решительные меры. К тому времени среди спартанцев также имелось достаточное число сторонников прямого столкновения с Афинами, поэтому им был выдвинут ряд заведомо невыполнимых требований, после неизбежного отклонения которых военные действия начались.

# Пелопонесская война. Первый этап

Война между Афинами и недовольной их чрезмерным усилением Спартой началась в 431 году до нашей эры и продолжалась 27 лет, затронув большинство греческих городов. На стороне спартанцев выступил почти весь Пелопоннес, а также часть государств средней Греции и Коринф со своими колониями. Афины имели в союзе всю Аттику, большинство городов на островах и берегах Эгейского моря, а также некоторые поселения на западе Эллады. Спартанцы обладали несомненным превосходством в сухопутных силах, располагая армией примерно в 60 000 человек, но их флот был ничтожен, а казна почти пуста. Войско Афин, напротив, было невелико, зато флот насчитывал три сотни триер, а в акрополе хранились колоссальные денежные средства (примерно 156 тонн серебра).

В соответствии со сказанным неудивительно, что план Пелопоннесского союза заключался в разорении земель Аттики, а также – разгроме противника в решающем сражении. Стратегия афинского лидера Перикла, напротив, состояла в том, чтобы максимально использовать свой превосходный флот и всячески избегать крупного сражения на суше. В случае вторжения спартанцев жителям сельских районов полагалось укрываться за крепкими стенами Афин, а сам город

во время осады снабжался по морю.

Пять лет подряд крупные силы вторгались в Аттику, уничтожая все на своем пути, однако каждое такое нашествие длилось всего несколько недель, ведь воины-ополченцы не могли надолго покидать свои сады и поля. Кроме того, спартанцы опасались оставлять илотов без контроля. Афиняне ежегодно прятались от врага за стенами города, что приводило к большой скученности людей и в итоге вызвало эпидемию. Болезнь бушевала несколько лет и уничтожила около четверти населения, напугав даже спартанцев, решивших отложить очередное вторжение. Среди жертв заболевания оказался и Перикл, после смерти которого к власти в Афинах пришла радикальная группировка Клеона – демагога, сумевшего склонить на свою сторону народное собрание.

В это же время афинский флот действовал вполне удачно, разгромив противника в двух морских битвах и начав опустошать побережье Пелопоннеса. К 427 году до нашей эры Афины увеличили размер дани, взимаемой с союзников (это привело к восстаниям, но их удалось подавить), что позволило отправить небольшую эскадру на Сицилию и провести там ряд успешных операций. В самой Греции афиняне сумели разбить крупный отряд неприятеля и захватить ряд опорных пунктов вокруг Пелопоннеса. Решительное контрнаступление отборных спартанских сил было успешно блокировано афинскими кораблями под командованием Клеона. В плен попало множество спартанских воинов, в том чис-

ле и очень знатных. Получив столь сильный удар, Спарта прекратила опустошать Аттику и запросила мира, но опьяненные успехами Афины уже предвкушали свою полную победу, а потому отклонили предложение.

Впрочем, оказалось, что у Пелопоннесского союза еще достаточно сил для борьбы. Попытка афинян высадиться у Коринфа провалилась, сицилийцы сумели прогнать афинскую эскадру, беотийцы вовремя раскрыли заговор демократов в своих городах и разгромили обе вторгшиеся афинские армии, а фракийцы под предводительством спартанского полководца взял город Амфиполь, контролирующий важные серебряные рудники. Клеон лично повел войско, чтобы вернуть эту потерю, но проиграл битву и погиб.

В итоге Афины и Спарта в 421 году до нашей эры согласились на ничью и восстановили довоенное положение дел. Мир был заключен на целых пятьдесят лет, но продлился совсем недолго.

# Пелопонесская война. Второй этап

Многие союзные Спарте государства оказались недовольны результатами войны, а потому там восторжествовали демократические силы. После этого Аргос, Мантинейя и Аркадия при поддержке Афин попытались захватить лидерство на Пелопоннесе, однако в 418 году до нашей эры их объединенное войско было разгромлено спартанцами. В городах альянса вновь восторжествовала олигархия. В это же время в Афинах к власти пытается прорваться беспринципный, но талантливый Алкивад – популярный в народе политик, стремящийся во всем быть первым.

Не сумев расширить свое влияние в материковой Греции, Афины решили прочно укрепиться на Сицилии, захватив богатейшие Сиракузы, что нанесло бы тяжелейший удар по торговле важнейшего спартанского союзника – Коринфа. Экспедиционный афинский флот насчитывал сто сорок триера и множество вспомогательных судов, а также около пяти тысяч гоплитов. Неудивительно, что с такими крупными силами компания началась удачно, но вскоре из-за надуманных обвинений в кощунстве командующий войсками Алкивиад был интригами недоброжелателей отозван обратно. Справедливо рассудив, что возвращаться домой небезопасно, он сбежал и перешёл на сторону врага. Новый менее

решительный афинский полководец избрал выжидательную тактику, что дало спартанцам время прислать на подмогу Сиракузам свой отряд и спасти отчаявшийся город от падения.

Афиняне вскоре тоже получили подкрепление, но к тому моменту они уже потеряли инициативу и после нескольких безрезультатных сражений решили отплыть на родину. Возвращение, однако, пришлось отложить из-за дурно истолкованного лунного затмения. Такая задержка позволила объединившимся спартанцам и сицилийцам сперва полностью уничтожить афинский флот, а затем разгромить отступившие вглубь острова остатки вражеского войска. Пленных стратегов казнили, а простых афинян во множестве продали в рабство.

В результате провала сицилийской экспедиции Афины потеряли две трети своего флота и треть ополчения гоплитов. Военная катастрофа усиливалась истощением городской казны: снаряжение флота и выплата жалования экипажам потребовали величайшего напряжения всех городских финансовых сил. Спарта по совету Алкивиада вторглась в Аттику и наконец-то оставила там постоянный гарнизон, что сразу же вынудило афинян снабжать город исключительно кораблями. Кроме того, теперь был отрезан доступ к Лаврийским серебряным рудникам. В довершении всего из города массово стали убегать рабы, чем резко сократили производство ремесленных товаров на продажу за море. Взять деньги оказалось неоткуда.

Почувствовав, что Афины ослабли, от них сразу же откололся остров Хиос и многие ионийские города, причем Спарта и Сицилия послали им в поддержку свой флот. Персия тут же вступила в переговоры с Алкивиадом и передала ему значительные средства на поддержку войны в Эгейском море. Впрочем, персам была выгодна не победа Спарты, а лишь волнения в регионе, поэтому их финансовая поддержка оказалась нестабильной, что сильно влияло на снабжение и эффективность спартанских сил. Афиняне же сосредотачивали все доступные ресурсы и спешно строили новые корабли.

На фоне военных неудач в Афинах произошел государственный переворот, и к власти пришла группа олигархов, однако афинский флот не признал новое правительство. Воспользовавшись сумятицей двоевластия, тут же восстал богатый остров Эвбея и несколько городов в черноморских проливах, через которые шли основные поставки хлеба в Аттику. Эти выступления подавил перешедший обратно на афинскую сторону Алкивиад, который надеялся, что сможет вернуться в город в ареоле победителя и получить там неограниченную власть. Вскоре с его помощью Афинам удалось одержать ряд важных побед и почти вернуть себе былое могущество. Военные успехи сопутствовали падению олигархического режима, и в городе вновь установилось демократическое правление.

Впрочем, средств на жалование морякам постоянно на-

хватало, а воодушевленные афиняне стали настойчиво требовать от Алкивиада все больших успехов, при том, что число его противников в городе тоже было немалым. Воспользовавшись незначительной военной неудачей, народное собрание проголосовало за отстранение Алкивиада, после чего тот удалился в добровольное изгнание. Так Афины сами лишили себя своего лучшего военачальника.

Спарта же, напротив, направила в Эгейское море энергичного Лисандра, сумевшего заручиться серьезной поддержкой Персии. Афиняне, потратившие на новые корабли свои последние средства – драгоценную утварь Парфенона – все же сумели отыскать стратегов, способных потопить часть вражеских кораблей и выиграть очередное сражение. Однако из-за шторма не удалось выловить тела моряков с затонувших в битве афинских триер, и за такое кощунство флотоводцев-победителей казнили по возвращении домой. Народное собрание боялось уже любых удачливых полководцев, поскольку они могли воспользоваться своей популярностью и попытаться захватить власть в городе.

Тем временем оставшиеся корабли Лисандра продолжили блокировать черноморские проливы. Наспех собранные деморализованные остатки афинского флота безо всякого руководства вышли навстречу спартанцам, но попали в ловушку и были полностью уничтожены.

У афинян закончились корабли, войска и деньги. Осажденные с суши и с моря, они держались пять месяцев, но,

не имея надежды на спасение, сдались. По условиям мирного договора Афины больше не могли строить флот, лишались заморских владений, разрушали часть оборонительных сооружений и заключали союз со Спартой. Изгнанные олигархи вернулись в город, и на некоторое время даже захватили там власть, организовав с подачи спартанцев «правление тридцати тиранов». Впрочем, через некоторое время аристократы развернули такой террор, что были свергнуты, и демократия на некоторое время восстановилась.

# Крах классической Греции

Последствия Пелопонесской войны навсегда изменили греческий мир. Противостояние спартанцев и афинян очень быстро переросло из «правильной» войны по классическим правилам в безжалостную резню. Осквернялись храмы, уничтожались города, опустошались целые регионы. Почти в каждом полисе обострились социальные конфликты: повсеместно вспыхивали гражданские волнения и перевороты. При этом военные действия, строительство флота и снабжение войск обходились крайне дорого. Побежденные Афины оказались полностью разорены и больше не сумели восстановить былого величия. Однако и в победившей Спарте простые жители в массе своей существенно обеднели, зато верхушка сказочно озолотилась и начала скупать землю менее удачливых сограждан. Архаичный государственный строй, неизменный со времен легендарного Ликурга, стремительно разложился.

Хоть война и завершилась, но Греция не смогла вернуться к мирной жизни. Спартанцы сразу же начали проводить по всей Греции бесцеремонную политику, опиравшуюся исключительно на силу. Очень быстро они настроили против себя многих союзников и вскоре были разбиты Фивами. Однако усиление последних ни в коей мере не входило в инте-

ресы других городов Эллады, а посему – войны не прекращались. К середине IV века до нашей эры, спустя всего полстолетия после Пелопонесской войны, уже не осталось ни одного греческого полиса, способного господствовать над другими. В итоге вся Эллада оказалась завоевана северной Македонией, которую еще недавно никто не принимал в расчет.

## «История» Фукидида

Обо всех этих событиях мы знаем в первую очередь благодаря Фукидиду – богатому и знатному афинянину, направленному во главе эскадры на защиту рудников Амфиополя, но не сумевшего предотвратить сдачу города спартанцам. Осужденный за такую неудачу на изгнание Фукидид покинул Афины и поселился во Фракии, где владел золотыми приисками. На досуге он занимался написанием истории Пелопонесской войны, получая и анализируя информацию от обеих сторон. Делового и практичного Фукидида раздражали сверхъестественные или мистические объяснения. Не интересовали его и всякие поучительные случаи, не имевшие отношения к основному вопросу.

Свой труд Фукидид начинает с того, что перечисляет отдельные политические и военные столкновения, предшествующие основным рассматриваемым событиям, и убедительно показывает, что все эти происшествия являлись лишь поводами, а истинная причина войны заключалась в том, что Спарта боялась возрастающей мощи и влияния Афин. Затем подробно излагаются выстроенные в хронологическом порядке события самого конфликта. Отдельно отмечается, что еще до трагической развязки афиняне несколько раз имели возможность заключить мир без особого ущерба для своего

могущества, но каждый раз отклоняли предложение, полагая, что достойны лишь величайшей победы.

Если Геродот рассказывал все, что узнал от других, оставляя за читателями право решить, чему поверить, то Фукидид принципиально поступает иначе: его интересует установление истины. Например, описывая охватившую осажденные Афины эпидемию, он указывает, что симптомы недуга известны ему потому, что он сам был болен, а также лично наблюдал других. В самом деле, основные его источники – личный опыт и опрос свидетелей, причем каждый факт тщательно исследуется, ведь люди часто излагают события пристрастно, а многих попросту подводит память. С большой точностью используются и разнообразные документы, например, памятные надписи на камнях или тексты из городских архивов.

В рассуждениях о прошлом Фукидид отвергает всякие сверхъестественные силы, вмешательство богов, мифологические сюжеты и предсказания оракулов. Иной раз мы даже встречаем ироничные замечания по поводу объяснений такого рода. Зато для восстановления картины минувших веков используется анализ различных сохранившихся в обществе традиций и пережитков, которые уже давно утратили всякий смысл, но, несомненно, когда-то являлись нужными и полезными.

Таким образом, можно заключить, что в своей работе Фукидид старался пользоваться уже истинно научным подхо-

дом, но, разумеется, в той мере, в какой сам его понимал. Когда дело касалось фактов, имеется тщательный критический анализ, но вот относительно причин Пелопонесской войны Фукидид не считал правильным сообщать свою точку зрения, а лишь приводил аргументы каждой из противоборствующих сторон. То есть, в отличие от книги Геродота, читателю теперь предлагалось самостоятельно делать выводы уже не об истинности тех или иных событий, но – об их настоящих причинах.

Впрочем, нельзя сказать, будто бы автор не пытается подготовить мнения читателя, подавая информацию надлежащим образом. Это делается посредством речей различных политических деятелей, в уста которых вкладываются доводы относительно каждой точки зрения. Фукидид сразу предупреждает, что не имел возможности записать все сказанное дословно, поэтому приводит некую обобщенную позицию того либо иного человека сообразно обстоятельствам повествования. В таких речах, построенных по всем правилам ораторского искусства, чаще всего и формулируются выводы о ходе событий. Конечно, у Фукидида еще нет представления об общих принципах исторического развития, поэтому единственным тезисом тут выступает убеждение, что культура и цивилизация лишь временно затемяют звериную сущность человека, но рано или поздно она обязательно проявит себя: каждый будет стремиться завладеть, чем сможет, обижая и угнетая слабых. Более того – национальный тем-

перамент различных народов представлялся Фукидиду важным фактором исторического процесса. С другой стороны, опираясь на одни лишь факты той эпохи, пожалуй, нельзя было сделать каких-то иных выводов.

Полагалось, что одни лишь великие выдающиеся люди способны обуздать и до некоторого времени сдерживать звериные чувства человеческих масс. В такие периоды происходит недолгое развитие и процветание государств, но истинная природа толпы обязательно прорывается наружу, чему особенно помогают различные потрясения и неурядицы. Тогда вновь начинает проявлять себя «право сильного», а к власти приходят люди неспособные вести массу за собой, но стремящиеся лишь угождать ее стремлениям. Общество зазнается в своем стремлении захватить побольше, после чего следует тяжкая расплата. Кто или что осуществляет данное возмездие – автор не говорит, ведь об этом невозможно судить эмпирически, а своей особой заслугой Фукидид считал именно объективный и беспристрастный характер изложения.

Хотя из данного принципа беспристрастности Фукидид делает одно важное исключение: вожди радикальной демократии всегда удостоиваются от него многих бранных эпитетов (даже если рядом приводятся факты, доказывающие их порядочность и добродетельность), ведь эти люди, по мнению богача Фукидида, воплощают все низменные человеческие черты.

Очевидно, что потомок фракийских царей Фукидид разделял многие сословные предрассудки и полагал, что человек низкого происхождения уже тем самым по определению является подлым и безнравственным, а человек знатный и живущий в довольстве – от природы благороден. Также, почти наверняка, Фукидид, как и большинство греческих аристократов, желал объединения Эллады под главенством Спарты, а потому не симпатизировал Афинскому морскому союзу. Однако, избрав для себя путь уже настоящего историка, он старался не допускать того, чтобы его пристрастия и антипатии приводили к искажению фактов. Зато правильно составленные речи, звучащие из уст нужных людей, позволяли подвести читателя к тому, чтобы он самостоятельно сделал необходимые выводы. Конечно, такой ловкий художественный прием идет вразрез с научной добросовестностью, но неправоммерно было бы требовать от Фукидида большего, чем он в принципе мог дать читателю.

Как бы то ни было, но именно за стремление точно установить факты Фукидида заслуженно считают основателем исторической науки в ее сегодняшнем понимании. Хотя, разумеется, в методологическом смысле с тех пор многое изменилось.

# Последствия появления исторического мышления

Весь золотой век Афин уместился между реформами Клисфена (приблизительно 500 год до нашей эры) и окончанием Пелопонесской войны (404 год до нашей эры). За этот краткий период в греческом мире произошли тектонические изменения: замкнутое основанное на обычаях и устной культуре земледельческое общество стремительно адаптировалось к новым социально-экономическим условиям. В результате на несколько десятилетий возникла уникальная рабовладельческая демократия, включенная в бурную международную торговлю. Грамотность там стала обязательной почти для всех, ведь без нее невозможно было удачно вести дела и добиться успеха в жизни. Образованных афинян сразу же перестали устраивать любые объяснения, основанные на древних мифах или апелляциям к божественным сверхъестественным силам. Греки захотели получать надежную и точную информацию, способную принести практическую пользу в их быстро меняющейся жизни.

Заслуга Геродота заключалась в том, что он интуитивно почувствовал эту возникшую в обществе потребность, а заслуга Фукидида – в том, что он сформировал ее как науку. Но если перед Геродотом в первую очередь стояла задача

развлечь слушателей, то Фукидид работал уже с оглядкой на индивидуального читателя, а потому писал не сочинение для словесного состязания, но – труд на века. Устная культура, конечно же, никуда не делась, но теперь рядом с ней возникла и стала развиваться новая письменная традиция, ставящая перед собой осознанную установку на объяснение за счет выявления цепи причин и следствий. Исторические события отныне перестают происходить просто из-за каприза богов или ради неизбежного исполнения старинных пророчеств. Пусть общие силы и законы развития человеческих обществ еще не были поняты, но всему теперь пытались давать вполне ясные и естественные объяснения.

У Геродота и Фукидида нашлось немало последователей – сначала среди греков, а затем эстафету подхватили и римские авторы. Увы, после падения Империи ситуация поменялась в худшую сторону: средневековые хронисты просто фиксировали отдельные события, объясняя их божьим промыслом. Повторное появление исторической науки произошло лишь в Новое время. Мы, однако же, не станем забегать вперед, но зафиксируем следующий важный тезис, необходимый для понимания всего дальнейшего повествования.

Возникновение письменной документальной истории было вызвано социально-экономическими изменениями в греческом мире, которые сопровождались разложением мифологического мировоззрения. В сознании людей все сильнее укреплялась мысль о том, что предсказания оракулов, рели-

гия и древний эпос вовсе не являются надежными инструментами познания мира, и куда лучше с этой ролью справляются рациональный анализ и дискуссия. Человечество оказалось на пороге рождения философии.

# ГЛАВА ПЯТАЯ. ФИЛОСОФИЯ ЕСТЬ БОРЬБА

## Общие рассуждения

Поскольку предыдущая глава была посвящена истории, то и само изложение там строилось из расчета дать картину развития древнегреческого общества. Такой подробный экскурс в прошлое преследовал сразу две цели: во-первых, показать, сколь это возможно, неизбежность общественных перемен, обусловленных как внутренними, так и внешними причинами, а, во-вторых, сформировать задел для будущего повествования. Жизнь в Элладе изменилась, и это грекам потребовалось сформировать систему понятий, дабы описывать новый, возникающий буквально на глазах, мир. Традиционные и проверенные веками религиозно-мифологические объяснения не работали в новых условиях. Кроме того, возникла необходимость решать многие задачи, не стоявшие ранее, – как социальные, так технические и бытовые. Все это требовало от эллинов немалых интеллектуальных усилий, ведь подобные проблемы еще нигде и никогда не появлялись. Не существовало мудрецов, способных дать

полезный совет или поделиться актуальным примером. Не было глиняных табличек или папирусов, в которых древние мыслители поясняли бы, как правильно жить в сложившихся условиях. Поэтому греки попросту оказались вынуждены искать ответы самостоятельно. А коль скоро такие ответы – неважно, правильные, либо же ошибочные – появлялись, то требовалось их записать, чтобы сохранить для потомков различные варианты решений, а заодно и обстоятельства их нахождения.

В этой главе мы, опираясь на изложенный выше исторический материал, выделим проблемы и противоречия раннего греческого общества, а затем посмотрим, как откликнулась на них эллинская мысль. Это позволит нам сформировать общую интеллектуальную картину эпохи, чтобы в последующих главах разобрать уже отдельные вопросы, связанные с научными достижениями древности. Сами же эти достижения, как мы в итоге увидим, являлись в основном просто продолжением осмысления общественного устройства.

# Причины появления философского мировоззрения

Архаичная античная культура имела в своей основе гомеровский эпос, однако с развитием международных отношений боги теряли статус защитников отдельных общин или городов, становясь покровителями возникающих социальных групп или ремесел. Поскольку именно благосклонностью богов объяснялись любые достижения либо неудачи, в том числе и в общественных делах, то соблюдение культа считалось обязанностью каждого гражданина. Храмы превосходят своей роскошью и убранством все прочие городские постройки. При этом особого жреческого сословия в Элладе не существовало, а служителей храма считали государственными чиновниками, которых выбирали обычно из знатных семей, издревле ведущих свои роды от различных богов. В особые дни устраивались торжественные религиозные процессии с представлениями и угощением. Организация таких празднеств полагалась общественной обязанностью (литургией) и возлагалась поочередно на того или иного аристократа, причем богачи зачастую не жалели средств, дабы снискать расположения народа. Именно на религиозных праздниках обычно устраивались театрализованные представления, для которых античные драматурги писа-

ли свои знаменитые пьесы, вплетая в религиозные сюжеты все больше социальной проблематики, отражающей интересы того человека, который заплатил за постановку спектакля.

Надо заметить, что пока греческие общины были малы и не связаны между собой, аристократы без труда возводили каждый свой род к какому-либо божеству. Однако уже к VI веку до нашей эры отношения между полисами развились настолько, что общее число известных всей Элладе знатных семей оказалось чересчур велико, и каждому богу требовалось теперь приписать бесчисленное число любовниц. Подобное распутство олимпийцев, да и их поведение вообще – обман, драки, кражи и убийства – постепенно начинали казаться грекам все более безнравственными. Аристократия, понимая пользу религии в деле подчинения народа, начала производить письменную фиксацию мифов, устраняя при этом различные нестыковки и устаревшие взгляды. Сформированный таким образом текст получал силу почти равную сводам законов, но все-таки (вместе с законами) не мог поспеть за изменениями в обществе.

Политическая жизнь Греции строилась на устаревших представлениях, возникших в те времена, когда античный полис являлся самостоятельным образованием, полностью обеспечивающим собственные потребности. Фактически же к V веку до нашей эры экономическое развитие потребовало установления сложных контактов между государствами. Ко-

нечно, положение крестьян разнилось в зависимости от региона, однако гомеровский эпос формировался замкнутым аграрным обществом, тогда как теперь земледелие отошло в Греции на второй план, а основой хозяйства стало ремесло. Производилось множество товаров для продажи: керамика, ткани, вино, предметы роскоши, инструменты и оружие. Даже сельское хозяйство приняло во многом товарный характер. Афинские крестьяне практически перестали жить продуктами своего труда: они продавали на рынке уголь, оливковое масло, уксус или овощи, а взамен покупали еду и инструменты. Из-за моря массово ввозился хлеб и сушеная рыба, а кроме этого – целые армии рабов для труда в мастерских и на рудниках.

Поскольку чаще всего раб получал лишь скудное пропитание, то мелкие ремесленники и крестьяне (вынужденные кормить и себя, и семью), не выдерживали конкуренции и массово разорялись. В сельском хозяйстве о рабах заботились, ведь они являлись ценной собственностью, а вот из свободных наемных работников аристократы выжимали все соки, ибо их участь никак не волновала хозяина. В мастерских, напротив, рабам доставались самые тяжелые занятия, и эксплуатация была нещадной. На рудниках или мельницах (где требовалось вращать огромные жернова) труд и во все был столь бесчеловечен, что рабов поставляли туда сразу с расчетом на скорую смерть от истощения. Сносно жили только те рабы, которые владели навыками или умениями,

позволяющими зарабатывать хорошие деньги для хозяина. Понятно, что большинство свободного населения Эллады не могло в таких условиях найти себе работу с достойной оплатой, ведь нанимателю проще было купить раба и заставить его трудиться буквально за еду.

В результате обогащение отдельных рабовладельцев сопровождалось появлением массы безработных граждан, пополняющих ряды городской бедноты. Парадоксально, но экономический расцвет Греции совпал с существенным понижением уровня жизни заметной части населения. Тем не менее, демократические власти считали своим долгом обеспечить пропитанием и развлечениями всех своих граждан, ведь именно из них набирался контингент для военной, морской и гражданской службы. Одновременно с этим у эллинов формировался взгляд на любой физический труд как на занятие недостойное свободного человека. В самом деле, теперь грек соглашался идти в наемные рабочие разве что от полной безысходности, ведь еда и развлечения предоставлялись ему бесплатно.

Заметим, что в тех эллинских городах, где демократические институты так и не сложились, у власти обычно находились крупные землевладельцы-аристократы, а основное население влачило полурабское существование и мечтало лишь о том, чтобы поднять восстание.

Так или иначе, но влияние старой земельной аристократии постепенно падало, население в целом нищало, зато от-

дельные удачливые дельцы, сумевшие сделать состояние на торговле и производстве товаров, сказочно богатели. Эти люди изначально не имели никаких прав, но постепенно начали борьбу за положение в обществе. При этом они стремились переложить выполнение государственных повинностей (проведение религиозных праздников, постройку триера и т.д.) на все общество. Жилища состоятельных граждан начали затмевать своей роскошью общественные постройки, что вызвало заметное недовольство: в прежние времена знатные люди предпочитали относительную скромность. Классовая борьба ожесточилась – в городах попеременно брали верх то олигархические, то демократические группировки. Богачи пытались удержать свое имущество и ввести строгие законы против власти народа, бедняки стремились силой поделить имущество богатых в свою пользу. Государственные интересы все больше отходили на второй план, а к власти приходил тот, кто сумел пообещать больше выгод той или иной стороне.

Дабы исполнить данные народу обещания, приходилось завозить еще больше рабов, что лишь сильнее уменьшало доходы свободных крестьян и ремесленников, увеличивая тем самым число безработных. Противоречия в обществе нарастали, и решать их за счет внутренних резервов и реформ вскоре стало просто невозможно. Поэтому – если только Эллада не отражала внешнее вторжение, – греки постоянно враждовали между собой, захватывали плодородные зем-

ли и выгодные торговые пути либо развязывали гражданские войны.

Потерявшие заработок либо изгнанные по политическим мотивам граждане собирались в отряды и нанимались на службу к любому, кто был готов им заплатить. На свой страх и риск они вмешивались в дела других государств или просто грабили округу. Вскоре наемники стали основной военной силой даже в крупных полисах, поскольку привыкшее к дармовому хлебу население больше не желало сражаться за свои города, предпочитая поднимать внутренние волнения.

Разумеется, сложившаяся политическая ситуация многими понималась как ненормальная, а потому начали возникать всевозможные утопические проекты, предлагающие спасительные рецепты переустройства греческого общества. В зажиточной среде, что неудивительно, оказалась популярна идея сильной централизованной власти, которая усмирит недовольных бедняков. Простой народ, напротив, поддерживал предложения по устранению самих причин классовой борьбы, например, всерьез высказывались идеи о покупке каждому гражданину нескольких рабов за счет казны. Мнения самих рабов, конечно же, никто не спрашивал.

Встречались и вполне разумные доводы в пользу того, что война (даже победоносная) практически всегда оказывается убыточной, поэтому всякие конфликты следует прекратить, а на сэкономленные деньги можно обеспечить достойное со-

держание всем нуждающимся. Такого рода суждения встречали, кстати, немалое одобрение, что говорит о высокой сознательности греческого общества.

Появлялись также и предложения объединить всю Элладу в единую монархию, где разумный правитель за счет выгод от господства над большой территорией смог бы обеспечить народ всем необходимым и добиться тем самым повиновения и почитания. Подобное решение казалось привлекательным и простому люду (получавшему вдоволь хлеба), и аристократам (получавшему гарантию прав на землю), и торгово-ремесленному классу (получавшему единое экономическое пространство).

Довольно долго все эти проекты оставались только лишь фантазиями, поэтому международная торговля развивалась сама по себе и все чаще требовала общения с иностранцами, которые во множестве поселялись в греческих городах и даже получали некоторые политические права. Одновременно с этим по всему Средиземноморью возникали поселения и колонии эллинов, оседавших небольшими группами среди людей с непонятными обычаями и языком. Всех, чьи слова казались чуждыми греческому уху, эллины называли варварами (теми, кто бубнит непонятное «бар-бар»). Впрочем, само разделение людей на эллинов и варваров носило лишь культурный, но никак не расовый характер: смешанные браки являлись обычным делом.

Изначально греки вообще не ощущали какой-либо собственной исключительности: египетскую и вавилонскую культуру они справедливо считали выше своей, а фракийскую или фригийскую – ниже. В любом случае, почти сразу стало очевидно, что другие народы неплохо живут, почитая иных богов и совершая другие обряды. Оказалось, что многим людям кажется нелепым и бессмысленным то, что другие считают важным и даже священным.

Естественно у греков возникло желание привлечь на свою сторону и чужих богов, ведь дополнительное покровительство должно увеличить шансы на успех в жизни, тем более – в далеких краях. Олимпийская религия постепенно обогатилась новыми представлениями из негреческих верований. С востока пришел орфизм, а также культы Деметры и Диониса, сопровождавшиеся сложными и таинственными обрядами. Конечно, изменения нравились далеко не всем. Аристократы и крестьяне в массе своей цеплялись за прошлое, мечтая о гибели нового непривычного им мира, либо о счастливой загробной жизни в царстве правды. Такие мистические фантазии помогали земледельцам примириться со стремительным разрушением аграрной общины.

Однако набирающие силу греческие торговцы и ремесленники не были склонны к мечтам, предпочитая реальные действия. Этим людям приходилось вести тяжелую борьбу со старой земельной аристократией, не желающей делиться властью с внезапно разбогатевшими выскочками. А поскольку

ку положение знатных родов во многом опиралось на религию, то потребовалось развенчать ее положение. Последнее дело казалось тем более верным, поскольку новые классы добились успеха собственным трудом без покровительства сильных этого мира (зачастую – в борьбе с ними), а посему считали, что и в природе все происходит без вмешательства свыше. При критическом рассмотрении традиционная религия оказывалась просто собранием суеверий и нелепостей, поэтому из развитых восточных культур греки стали брать не только культы, но также и то, что приносило прямую практическую пользу и помогало строить картину мира без богов.

# Философия торгово-ремесленного класса. Милетская школа

Первыми из греков такой путь избрали жители Милета – самого большого и процветающего ионийского города Малой Азии, разбогатевшего в VII и VI веках до нашей эры за счет выгодной торговли с Лидией и Египтом. Экономическое развитие повлекло серьезные политические изменения: старая земельная аристократия оказалась вынуждена уступить власть купцам, а те – популярному у демоса тирану. Богатые и бедные непрерывно конфликтовали, убивая и сжигая своих противников.

Именно в бушующем Милете жил человек, ставший родоначальником всей европейской науки. Это был торговец, военный инженер и дипломат по имени Фалес. О нем сохранилось немного достоверной информации, и, похоже, что по происхождению он был даже не греком, а финикийцем. Свои купеческие поездки Фалес совмещал с обучением, и потому сумел ознакомиться с математическими, геометрическими и астрономическими достижениями египтян и вавилонян. Полученные знания он использовал для собственной практической пользы: удачно вкладывал деньги, заранее определял урожайные годы, проектировал плотины и каналы, а также, пользуясь авторитетом мудреца, пытался заключать выгод-

ные для Милета политические союзы.

Мистическая картина мира абсолютно не устраивала Фалеса, поскольку никак не соответствовала его образу жизни. Излагая свои взгляды, он заключал, что ничто не возникает из ничего, и все в природе есть лишь видоизменение единственного первоэлемента – воды, из которой образовались остальные предметы и живые существа. Конечно, воду в данном случае следует понимать не тем самым веществом, которое мы пьем, но скорее некой абстрактной жидкой субстанцией, из которой в частности состоит и обыкновенная вода тоже. Далее, в противоположность мистикам, Фалес отрицал любые нематериальные сущности, а душу полагал движущим материальным началом (субстратом), присущим всякому телу или предмету.

Разумеется, мы должны признать гипотезы Фалеса чересчур смелыми и грубыми, каковыми они, несомненно, и являлись, но важно то, что они позволяли описывать мир в терминах уже не религии, но натурфилософии, давая стимул для раздумий и наблюдения за природой. Притягательность новых идей оказалась достаточно велика, и у Фалеса появились последователи, решившие сформировать для греческой мысли не мифологическую, а научно-практическую (как они ее тогда понимали) систему взглядов.

Ученик Фалеса по имени Анаксимандр стремился рассуждать обо всем полностью материалистически. Так, все-

ленная, по его мнению, не была сотворена богами, но развилась, сама из бесконечного и вечно движущегося первоначала под названием «апейрон» (от греческого слова «ἄπειρον» – беспредельное), который в результате вихревого вращения разделился на известные нам стихии: воду, огонь, землю и воздух. Непрерывное противодействие этих различных между собой субстанций вызывает нарушение равновесия и, как следствие, появление различных вещей, которые со временем неизбежно распадутся обратно. Тут мы впервые встречаем идею, из которой в будущем возникнет диалектическое понятие борьбы противоположностей, имеющих единое начало. Также именно Анаксимандр впервые ввел понятие закона природы, который, правда, трактовался еще юридически – как нечто, что восстанавливает справедливость и порядок, но не в обществе, а в физическом мире.

Жизнь, по мнению Анаксимандра, также возникла в силу естественных причин из нагретых воды и земли, причем люди, как и все прочие животные постепенно развились из рыб. То, что человек не мог появиться на свет сразу готовым, доказывалось тем фактом, что люди неспособны самостоятельно выжить в течение долгого периода младенчества, а значит – когда-то этой стадии просто не было.

По сути, все оригинальные идеи Анаксимандра являются вполне рациональными и даже в некотором смысле научными, однако, остаются чисто умозрительными, и потому дают много поводов для возражений.

Анаксимен сделал еще один шаг в развитии стихийного материализма и объединил идеи Фалеса и Анаксимандра, определив на роль беспредельного апейрона стихию с наименьшим числом качеств – воздух. В самом деле, воздух объемлет собой весь мир, а также является источником жизни и дыхания, то есть душой. Разреженный (нагретый) воздух порождает огонь, а сгущенный (охлажденный) дает сперва воду, а затем землю. Таким образом, между всеми веществами постулировались исключительно количественные различия.

Судя по всему, Анаксимен был последним ярким мыслителем милетской школы. Вскоре после его смерти началось ионийское восстание против новой власти Ахеменидов. При подавлении беспорядков персы захватили и разрушили Милет (в 494 году до нашей эры), после чего философская традиция там угасла. Город так и не сумел вернуть себе былого величия.

Обо всех трех перечисленных философах мы в принципе знаем немного, поскольку их труды не сохранились, а основные тезисы известны лишь по цитатам из других более поздних авторов. Эти тезисы развивали, с ними полемизировали, их значимость превозносили либо оспаривали, но для нас важность милетской школы заключается не в ее достижениях (если честно, то они невелики), а, прежде всего, в

самом направлении поисков. Жители оживленного торгового города часто и успешно контактировали с представителями различных народов, и потому рано смогли избавиться от влияния многих предрассудков. В связи с этим возникла потребность осмыслить мир в новых уже не мифологических категориях. Конечно же, взгляды милетцев были еще наивны и даже в чем-то суеверны, но, тем не менее, эти учения вполне можно признать научными гипотезами (фактически – самыми первыми в человеческой истории). Натурфилософские построения оказались грозным орудием, позволяющим выбить почву из-под ног у аристократов, использующих религиозные аргументы, дабы обосновывать свои претензии на власть и богатство. Смелость поставленных Фалесом, Анаксимандром и Анаксименом вопросов поразила и воодушевила многих греков.

# Философия старой аристократии. Гераклит

Разумеется, представители старой греческой аристократии не могли оставаться равнодушными к происходящим общественным изменениям и новым смелым идеям. Так потомок древнего рода царей-басилевсов по имени Гераклит задался целью осмыслить происходящие на его глазах социальные сдвиги в своем родном городе Эфесе – еще одном богатом греческом полисе Малой Азии, прославившимся оживленной торговлей и одним из чудес света – храмом богини плодородия Артемиды. Уступив брату престол (чисто ритуальная функция в те времена), Гераклит удалился жить аскезой и размышлять о мире. Восприняв некоторые положения милетской школы, он все же пошел своим во многом мистическим путем, и в результате явил миру философскую концепцию, которая до сих пор пользуется заметным влиянием.

Тем элементом, из которого возникло всё остальное, Гераклит назвал огонь. Однако огонь этот мыслился уже не субстанцией, как полагали первоначально милетцы, но процессом или постоянной борьбой, приводящей к непрерывным смертям и рождениям. Всё в мире меняется, но огонь вечен, ибо он и есть само изменение. Противоположные явления соединяются в борьбе, порождая в результате движение, ко-

торое и есть гармония. Таким образом, единство мира достигается через различие, а потому одинаково хороши день и ночь, зима и лето, изобилие и голод, добро и зло. Бог же есть сумма всех пар противоположностей, а вовсе не создатель вселенной, которая всегда была, есть и будет вечно живым огнем. Высшая же справедливость и закон природы заключаются в том, что борьба противоположностей никогда закончится победой одной из сторон. Имея, таким образом, собственное понимание бога, Гераклит с негодованием отвергал всё из народной религии, что не мог истолковать в свою пользу.

Символично, но лучшим описанием постоянно меняющегося гераклитова огня стала метафора воды в знаменитом изречении: «В одну и ту же реку нельзя войти дважды».

Аппарат своей метафизики Гераклит применил для описания происходящих в греческом обществе процессов. Тут важно не забывать, что он был родовитым аристократом, обладал злобным характером, презирал сограждан и призывал их перевешать друг друга. Кроме того Гераклит был невысокого мнения об учениях современных ему философов. Неудивительно, что при таких взглядах делался вывод, будто лишь силой можно заставить глупый народ действовать в соответствии с собственным благом. И, конечно же, Гераклит боготворит войну, которая, по его мнению, есть отец и царь всего. В самом деле, лишь динамичные изменения и борьба являются истинным бытием – огнем, – а мирное не желаю-

щее перемен общество ущербно в своей пассивности. Война по Гераклиту является не деструктивным, но конструктивным созидающим процессом, определяющим каждому человеку его подлинное место. Именно войной должны разрешаться все накопившиеся противоречия в обществе – токов естественный высший закон природы.

Столь сложная и изощренная философская система, во многом предшествующая гегелевской диалектике, могла возникнуть именно у представителя теряющего влияние социального класса, которому требовалось совместить в единой картине мира непрерывные изменения общественного уклада и оправдать ведущую роль профессиональных военных, то есть – аристократов. Впрочем, справедливости ради, нужно отметить, что в те времена еще не имелось достаточного исторического материала, дабы понять, что именно непрерывная борьба классов и приводит в итоге к качественному изменению общественного уклада. Когда Гераклит умер (около 483 года до нашей эры), отцу истории Геродоту был всего лишь один год от роду, поэтому любая диалектика тогда могла мыслиться лишь в категориях статичного конфликта противоборствующих социальных групп.

В любом случае, труды Гераклита не сохранились, поэтому он, как и милетцы, известен лишь по отдельным цитатам, с которыми большей частью спорили последующие авторы. Правильно интерпретировать сохранившиеся отрывки весьма непросто, поскольку Гераклит намерено писал макси-

мально туманно, дабы понять его смогли только самые способные и мудрые читатели. В древнем мире его, похоже, не понял никто.

# Появление рационализма

Как бы то ни было, но мифология и традиция уже переставали справляться с задачей объяснения бытия. Взгляды на религию, политику и познание резко менялись, и это привело к тому, что греки все чаще переставали безоговорочно следовать древнему обычаю. По каждому вопросу они стремились сформировать свое собственное мнение, дабы проверить его на деле. Особенно сильно это проявлялось в области прикладных умений.

В качестве примера скажем, что именно в этот период начали терять пациентов жрецы бога медицины Асклепия, практикующие откровенное шарлатанство (им якобы удавалось возвращать зрение даже людям без глазных яблок). Все чаще больные стали обращаться врачам, которые строили лечение на основе опытных наблюдений и теорий об устройстве человеческого организма. Разумеется, уровень анатомических и физиологических познаний в ту пору был чрезвычайно низок, но светские целители, по крайней мере, избегали откровенно бессмысленных суеверий и советовали такие рецепты, которые ранее помогли другим.

Похожие процессы происходили и в астрономии, которой ранее занимались в основном жрецы-аристократы. В самом деле, лишь немалое богатство позволяло тогда иметь

достаточно свободного времени, дабы овладеть столь сложной наукой. Греки издревле использовали простой лунный календарь, поэтому для соответствия солнечному году требовалось время от времени вводить дополнительный месяц, чем ради личной выгоды часто злоупотребляли аристократы. Лишний месяц позволял, например, собрать дополнительные подати с населения, но одновременно запутывал сельскохозяйственные циклы, что в итоге вредило и крестьянам, и землевладельцам. В итоге от алчности немногих страдали все.

Теперь же эллины-философы (происходившие, например, из разбогатевших торговцев), самостоятельно овладевали вавилонской и египетской математикой, дабы считать дни и наблюдать за звездами. Это позволяло не ошибаться в сроках сельскохозяйственных работ и составлять точные навигационные маршруты. Всё большему числу людей становилось ясно, что смена времен года или затмения светил, а также наступление засухи или выпадение обильных дождей – всё это никак не зависит от совершаемых жрецами ритуалов. Возникло понимание, что каждое из указанных явлений подчиняется естественным природным правилам, которые можно описать математически либо понять по косвенным признакам. Кроме того, изучение геометрии и арифметики оказывалось полезным в инженерном и торговом деле, не говоря уже о прямом ее назначении – справедливо делить землю (греческое слово γεωμετρία буквально означает «из-

мерение земли»).

Но у математики при всей ее практической пользе обнаружилась и оборотная сторона. Казалось, что арифметические и геометрические истины постигаются путем чистого размышления без какой-либо связи с наблюдением. При этом все обнаруженные разумом математические законы оказывались в полной мере применимыми к реальному миру. Неудивительно поэтому, что у многих греков возникала уверенность, будто любые исследования необходимо строить по строгим математическим канонам, отдавая предпочтение мысли и интуиции, а не чувствам и опыту. Тем более что никаких иных методов получать новые глобальные истины у греков не существовало. Так родившаяся из утилитарных потребностей наука сразу же отодвинула практические исследования на второй план.

# Математическая мистика на службе аристократии. Пифагорейцы

Кроме всего сказанного выше, математика оказалась и весьма полезным инструментом и для защиты интересов знатных землевладельцев. Так, урожденный аристократ Пифагор, пользуясь полученными от египтян математическими знаниями, посвятил свою жизнь созданию реакционной философской школы, ученики которой всеми силами стремились захватить власть в родных городах. О самом Пифагоре имеется не так уж много достоверных сведений, тем более что сам он не писал никаких книг, однако скрупулезный анализ поздних источников позволяет воссоздать его биографию достаточно полно.

Итак, Пифагор был знатным жителем греческого острова Самос, конкурирующего с Милетом в делах малоазиатской торговли. В 538 году до нашей эры человек по имени Поликрат совершил государственный переворот и стал единоличным правителем Самоса, начав проводить жесткую внутреннюю и вероломную внешнюю политику. Аристократы негодовали, но простой люд всецело поддерживал такие действия. Остров богател и развивался, а его флот завладел гегемонией в Эгейском море. При дворе Поликрата жили и творили выдающиеся врачи, поэты, архитекторы и инжене-

ры. Талантливый математик, несомненно, мог бы легко добиться покровительства просвещенного тирана, однако политические взгляды и амбиции Пифагора вынудили его отправиться в изгнание.

Античная традиция приписывает Пифагору длительные путешествия в другие страны, где он постигал медицину, математику, астрономию, а также различные религиозные культы и духовные практики. Обычно упоминают Египет, но некоторые авторы называют также Вавилон, Персию и даже Индию. Трудно оценить, насколько эта информация достоверна, но почти все знания, которыми действительно обладал Пифагор, вполне могли быть получены им прямо в Малой Азии. Впрочем, обучение у египетских жрецов представляется вполне вероятным.

Судьба греков, навсегда покинувших отечество, редко оказывалась завидной, но прибывший в Южную Италию (тогда ее называли Великой Грецией) Пифагор обладал благородной внешностью, хорошим образованием и опытом политического агитатора, так что ему без труда удалось очаровать старейшин города Кротон. Восточная культура казалась чем-то невиданным в этом далеком уголке западного Средиземноморья. При этом сами италийские колонии эллинов процветали и славились богатством, однако из-за интенсивного расширения уже освоили все доступные земли и начали враждовать за территорию. Кротону поначалу везло в этих конфликтах, но затем во время войны с Локрами его

армия была почти полностью уничтожена. Город тяжело переживал поражение и нуждался во внешнем духовном импульсе, поэтому самосский мудрец с таинственными знаниями оказался там весьма кстати. Пифагору позволили организовать нечто вроде школы (от греческого слова «σχολή» – досуг), где он занялся обучением и воспитанием аристократической молодежи. Поскольку благополучие региона опиралось именно на сельское хозяйство (от поставок хлеба из Великой Греции жизненно зависел Пелопоннес), то заметную роль на Юге Италии всегда играли крупные землевладельцы, которым пришлось по нраву взгляды философа, отстаивающего привилегии знати в борьбе против тиранов и растущего торгово-ремесленного класса.

В своей школе Пифагор установил жесткую дисциплину, его предписания считались божественными, а все заимствованные с Востока необычные ритуалы соблюдались неукоснительно. Впрочем, большая часть странных правил пифагорейцев, скорее всего, является выдумкой поздних авторов: едва ли знатные и успешные в жизни люди действительно никогда не употребляли в пищу бобов, не ломали хлеба и не поднимали упавшие предметы. С другой стороны, нужно признать, что некоторая обрядность, очевидно, служила скрепляющим фактором для всех учеников школы.

Зато достоверно известно, что большее значение Пифагор придавал воспитанию и образованию юношества, в частности занятиям математикой, которая включала в себя ариф-

метику, геометрию, астрономию и музыку. Занятия науками, правда, не считались наиважнейшим делом, и большинство учеников не углублялись в них слишком сильно. Нумерологические соотношения использовалась скорее в мистических целях, позволяя обосновать великую мудрость учителя, а также подтвердить космический порядок мироздания. На самом деле имеются серьезные сомнения в том, что пифагорейцы действительно придавали числам настолько большое значение, как это считалось позднее. Скорее всего, при общем низком уровне математических познаний ранних греков (особенно в колониях) чье-то увлечение вычислениями само по себе казалось разновидностью странной религии.

Также Пифагор проповедовал, что людям для правильных поступков нужна сильная власть; что всегда следует придерживаться отеческих порядков; что справедливо давать каждому соразмерно его достоинству, а вот делить все поровну – несправедливо; что бессмертные души переселяются в тела других людей или животных; что все повторяется и не бывает ничего по-настоящему нового. В любом случае, как вскоре выяснилось, главной целью всего обучения являлась тайная подготовка верных учеников к управлению государством.

При этом нужно признать, что Пифагор действительно давал достойное образование: из его школы выходили оригинальные мыслители, умелые ораторы и даже олимпийские чемпионы (очевидно, что среди занятий присутствовала не

одна лишь математика). Со временем, однако, всем вокруг стало очевидно, что свой авторитет и мудрость Пифагор использует, дабы сплотить вокруг себя группу преданных и хорошо подготовленных к политической борьбе людей. Хоть сама школа не занимала никакого места в структуре городского управления, зато ее знатные воспитанники постепенно выросли и погружались в государственные дела. Влияние Пифагора росло, его ученики постепенно получали все больше важных должностей, и в итоге он сумел склонить кротонский совет к войне с богатым городом Сибарис. Назначенный стратегом пифагореец и олимпионик Милон без труда разгромил вражеское войско.

Данная победа фактически сделала Кротон сильнейшим полисом Южной Италии, но одновременно пошатнула позиции Пифагора. Многим не нравилась, что авторитарное тайное общество прибирает к рукам власть в городе. Простой народ возмущался еще и тем, что пифагорейцы (будучи искусными геометрами) несправедливо поделили отобранную у Сибариса землю. В результате недовольные кротонцы организовали заговор и подожгли дом, где собрались сторонники Пифагора. Многие из них погибли, а сам он едва спасся бегством и долго не мог найти селения, где бы его пожелали принять.

О дальнейшей жизни опального философа известно мало, но, похоже, что он продолжил заниматься политикой, вновь вызвал народный гнев и был вынужден искать убежища в

храме города Метапонт, где и умер от голода, не решившись выйти к разъяренной толпе.

Впрочем, несмотря на бегство учителя, организованное им сообщество сумело оправиться от удара и восстановить свою деятельность. Пифагорейцы вновь добились влияния в Кротоне, а также во многих других городах Южной Италии. Нигде власть не захватывалась непосредственно, но всегда оказывалось так, что отдельные выпускники школы занимают высокие должности в правительствах своих полисов, умело отстаивая при этом интересы аристократии.

Так или иначе, но экономика Великой Греции продолжала развиваться, и к середине V века до нашей эры переход власти к демократическим партиям стал неизбежен. В этот период в разных городах почти одновременно (но независимо) начались нападения на пифагорейцев, погромы и поджоги. Немногие уцелевшие сбежали на Пелопоннес или в Фивы, где, правда, уже не смогли добиться заметного влияния.

Оставшиеся в Южной Италии группы последователей Пифагора прекратили активное вмешательство в политику, но, когда в начале IV века до нашей эры сицилийский тиран Дионисий объединил под своей властью всю Южную Италию, начались новые гонения. Оставшиеся пифагорейцы спешно перебрались в континентальную Грецию, после чего любая политическая деятельность с их стороны полностью прекратилась.

Чем слабее становилось влияние пифагорейцев, и чем

сильнее забывались реальные слова их учителя, тем больше чудес и удивительных способностей начинали приписывать самому Пифагору. В итоге он превратился в полумифическую фигуру – основателя одновременно и религиозно-мистического союза, и дедуктивной школы математиков.

# Великая Греция. Ксенофан

Тот факт, что Пифагор обосновался в Южной Италии, не являлся случайным. Долгое время Иония пользовалась выгодами от соседства с восточными царствами, но после окончательного попадания под власть персов она перестала быть центром греческой мысли. Многие привыкшие к свободе эллины покинули Малую Азию и отправились в богатую Великую Грецию (Южную Италию), где было много земли, и всегда требовались рабочие руки.

Среди таких переселенцев оказался и Ксенофан из Колофона, вынужденный на чужбине зарабатывать хлеб исполнением эпических поэм. Статус рапсода и частые странствия позволили ему проповедовать весьма смелое по тем временам учение. Несмотря на постоянную работу с гомеровскими историями, Ксенофан осуждал безнравственных олимпийских богов. Он заключал, что не боги сотворили людей по своему подобию, но наоборот – человек выдумал богов похожими на себя. Каждая нация наделяет своих богов тем цветом глаз, волос и кожи, которыми обладает сама. Если бы животные могли изобразить свое божество, то у львов бы оно имело клыки и гриву, а у быков – рога и копыта.

Далее Ксенофан приходит к выводу о том, что, все распространенные мифы и суеверия являются противоречивы-

ми, неэтичными и абсолютно не обоснованными. Глупо верить в измышления наших предков о кентаврах, гигантах и дарах небес, ведь всё необходимое люди добыли и создали сами, а вовсе не получили свыше.

При этом, отказавшись от старых верований, создавать новую религию вовсе не следует, а нужно лишь отбросить все лишние суеверия. Как продолжатель ионийской философии, Ксенофан выступает с позиции пантеизма и объявляет первоначалом неизменное вечное бытие, называя богом сам мир, имеющий метафорическую идеальную форму шара. Вселенная существовала всегда, и будет существовать всегда. Сам бог неподвижен, но вездесущ и способен своей мыслью придавать движение всяким предметам. Описывать же бога Ксенофан не считал возможным, чем заложил начало апофатического метода, когда нечто определяется исключительно через отрицательные предикаты. Невозможны также никакие точные знания о сверхъестественном мире, а хоть какой-то достоверностью обладает лишь познание природы. Тем самым были разделены теология, как постижение Абсолюта (не все согласились с тем, что он непостижим), и натурфилософия, как знание об окружающем мире.

Полагаясь на популярность стихотворного эпоса, Ксенофан и сам написал философскую поэму «О природе», где изложил свои наивные, но чисто материалистические взгляды на устройство мира. Так, полагалось, что люди и животные родились из земли и воды, а поверх всей суши когда-то

плескалось море (ведь даже в горах находят окаменелые раковины), которое давно отступило, но когда-нибудь вернется обратно. Солнце, звезды и облака – это не боги, а летящие по небесам испарения.

Будучи противником традиционной религии, Ксенофан критиковал и традиционные греческие порядки, однако при общении с могущественными людьми все же советовал говорить мало либо открыто льстить. Впрочем, он всегда подчеркивал, что его философская концепция, равно как и любое другое знание, является не более чем правдоподобным мнением.

Разумеется, в костной сельскохозяйственной антидемократической Великой Греции подобное учение не имело успеха. Там гораздо лучше приживались облаченные в рациональную форму мистические восточные ритуалы. Живший в то же самое время Пифагорейцы взяли у Ксенофана лишь представление о едином и абсолютном божестве. В остальном же натурфилософия ионийцев расшатывала основы религиозной картины мира и взамен выдвигала логически стройную систему вселенной, которую никак не могла принять старая земельная аристократия. Более того, реакционная мысль Южной Италии попыталась доказать, что новые материалистические взгляды являются логически несостоятельными.

# Реакция в Великой Греции. Элейская школа

В южно-италийском городе Элея, где в старости окончательно поселился Ксенофан, нашелся знатный грек по имени Парменид, который отважно вступил на поле ионийской философии и подверг широкой критике ее физические принципы. Этот мыслитель был хорошо знаком с позицией милетцев, знал учения Гераклита и пифагорейцев, поэтому решил вести спор по строгим правилам оппонентов. Свои возражения Парменид сформулировал в поэме, которая также называлась «О природе». Полный ее текст, увы, не сохранился, но достаточно хорошо известен по отрывкам.

Так, отрицая диалектический конфликт противоположностей, Парменид показывает, что существует лишь Бытие, а наличие Небытия невозможно, поскольку его нельзя себе вообразить, иначе пришлось бы мыслить ни о чем, а это – абсурдно. Но раз уж отсутствует Небытие, то и процесс изменения Бытия невозможен, равно как и само Бытие не может иметь частей, ведь нечем разделить его отдельные моменты или элементы. Получается, что Бытие вечно, цельно, абсолютно (шарообразно) и всегда пребывает в одном и том же месте, а значит, отдельных предметов и движения нет.

Поскольку чувства говорят нам нечто противоположное,

то Парменида заключает, что воспринимаемый нами мир – это сон или домысел, принципиально противоположенный реальности. Отсюда с неизбежностью следует полное недоверие к опыту и любой экспериментальной науке, поскольку в описанной концепции единственным методом познания может служить лишь чистое умозрение. В итоге получалось, что ионийская натурфилософия, построенная на понятиях первоэлементов и движения материальных объектов, полностью ошибочна в самом своем основании, ибо говорит о том, чего нет.

Можно сколько угодно пытаться указывать на несостоятельность логических построений Парменида, но нужно понимать, что его взгляды оказались весьма востребованными греческим обществом, ибо открывали дорогу разным интеллектуальным спекуляциям. Если все науки внутренне противоречивы, то они ничем не лучше религии, которая хотя бы досталась нам от наших предков, а не была завезена чужаками из-за моря. Появились основания для отделения мира явлений и движения от неподвижного и неизменного идеального мира.

Ученик Парменида по имени Мелисс был знатным уроженцем ионийского острова Самос (являвшегося также и родиной Пифагора), где в звании стратега успешно бился с афинскими кораблями, когда после олигархического переворота его город решил выйти из Делосского союза. Война

все же окончилась победой Афин, и Мелисс, спасаясь, перебрался в итальянскую Элею, где смог возглавить аристократическую партию и познакомиться с Парменидом. Развивая взгляды учителя, Мелисс утверждал, что единое и абсолютное Бытие должно быть бесконечно и в пространстве, и во времени, то есть – занимать собой весь мир, а, следовательно, ничего иного, никаких других вещей, не может существовать вовсе.

О другом ученике Парменида – элейце Зеноне – известно совсем немного. Поздние источники утверждают, он был жестоко казнен после неудачного заговора против местного тирана. Почти наверняка это говорит нам о том, что Зенон не был представителем престолярства, которое тиранию чаще всего поддерживало.

В своих произведениях Зенон критикует всякие попытки геометрического описания реальности, показывая логическую несостоятельность понятий «протяженности», «движения» и «множества вещей». Для обоснования своей правоты Зенон изобрел метод доказательства от противного: сперва он полагал, будто какое-либо из положений Парменида неверно, а затем показывал, что такое допущение приводит к абсурду. Отказавшись от поэтического формата, Зенон излагал свои мысли ясной прозой, облекая ее в наглядные парадоксальные суждения-апории (от «ἀπορία» – трудность).

В одной из этих апорий приводится любопытное рассуждение о количестве вещей в мире. Зенон заключает, что раз-

личных предметов должно быть столько, сколько их есть – конкретное число, но ведь любая вещь состоит из частей, а часть вещи – тоже вещь, и производить такое деление можно сколь угодно долго. Получается, что предметов бесконечно много, а это противоречит начальному условию о конечности числа вещей.

В другой апории Зенон отмечает, что летящая стрела в каждый конкретный момент времени неподвижно находится в какой-то одной точке пространства, а значит – стрела неподвижна в каждой точке своей траектории, то есть – неподвижна всегда, а значит, никак не может никуда лететь.

Но, пожалуй, самой известной является апория, утверждающая, что невозможно пройти никакой путь, ведь сперва придется преодолеть половину маршрута, затем половину от половины – четверть, потом восьмую часть и так далее. Деление можно продолжать сколь угодно долго, и в итоге станет нужно прошагать бесконечное число участков, что кажется логически невозможным.

С помощью множества таких хитроумных рассуждений (до нас дошло лишь девять, но современники говорили о сорока и более) удалось подорвать доверие к любым эмпирическим наукам и указать на необходимость лучше обосновывать свои положения. Поскольку математические ответы на апории появятся лишь через несколько десятилетий, то греческим мыслителям оставалось либо вовсе отказаться от натурфилософских и геометрических изысканий, либо попро-

сту игнорировать возражения Зенона.

Конечно, полностью пренебрегать успехами ионийской науки не могли даже аристократические полисы Южной Италии. В самом деле, любого человека заботит свое здоровье, а медицина, основанная на наблюдениях и опыте, оказалась намного эффективнее и полезнее, чем ритуалы жрецов Асклепия. Тем не менее, косность греческого общества была еще столь велика, что приходилось разграничивать идеалистические верования (которые достались от предков, а потому священны) и материалистическую науку (которая полезна в быту, но не посягает на религию). Такой подход давал возможность заниматься естествознанием и одновременно верить во что угодно.

# Натурфилософский синкретизм. Эмпедокл

Так, сицилиец Эмпедокл всей своей жизнью как будто иллюстрировал двойственность своих взглядов. Будучи представителем знатнейшего рода, он при этом придерживался демократических убеждений и вел борьбу с аристократической партией родного города. Являясь великолепным оратором, он позиционировал себя чудотворцем, способным оживлять умерших, хотя, как лекарь, несомненно, опирался на эмпирические результаты медицины. Чураясь должностей и чинов, отказываясь от власти, Эмпедокл, когда почувствовал свою скорую смерть, бросился в жерло вулкана Этна, дабы быть причисленным богам.

Учение Эмпедокла тоже дуалистично. В мистико-пифагорейской поэме «Очищение» он говорит о переселении душ (рассказывая, что сам раньше был женщиной, кустом, птицей и рыбой), о первородном грехе, о необходимости искупления, покаяния и вегетарианства. Другая поэма «О природе» предлагает нам оригинальную естественнонаучную историю мира. Вслед за пифагорейцами Эмпедокл принимает четыре первоначала – огонь, воздух, воду и землю (соответственно – Гера, Нестис, Зевс и Аид), которые неизменно и вечно заполняют весь мир, перемещаясь и смешиваясь.

ьясь. Всякий материал или предмет получаются путем смешения данных четырех элементов в необходимых пропорциях. Таким образом, любым качественным различиям между вещами давалось количественное описание. И все же сами по себе первостихии пассивны, а их движение возникает из-за действия двух активных сил – любви (единства) и ненависти (множественности).

Спор милетской и элейской философской школы о том, состоит ли мир из множества движущихся вещей, либо же является однородным и неподвижным переносится теперь в область истории. Пока господствует любовь, то все элементы собираются в однородный недвижимый шар, а ненависть вытесняется за его пределы. Постепенно она все-таки проникает внутрь шара, вносит туда раздор и стихии начинают отталкиваться, отчего возникает вихревое движение, и образуются различные предметы. Со временем все вещи полностью распадается на четыре отдельных первоначала, и тогда уже под действием любви частицы вновь начинают кружиться в вихре, постепенно собираясь в шар. Двигаясь, будто в водовороте, тяжелые элементы устремляются к центру, вытесняя легкие на периферию мира. Так повторяется бесчисленное число раз. Вселенная оказывается ареной постоянной борьбы двух противоположностей, однако – борьбы последовательной, а не одновременной как учил Гераклит. Сейчас, по мнению Эмпедокла, как раз идет эпоха перехода от ненависти к любви, чем и объясняется наличие такого разнообразия.

зия жизни на Земле.

Когда-то в первобытном море плавали лишь отдельные части живых существ – головы, руки, ноги, туловища, – однако любовь начала соединять их между собой. Сперва, пока ненависть в мире еще преобладала, сопрягались любые случайные члены животных и людей, поэтому появлялись создания с несколькими головами, с телами человека и коня, с туловищем козы и головой льва, с мужскими и женскими признаками одновременно. Будучи неприспособленными к миру все эти существа вскоре вымирали, а взамен, по мере роста силы любви, возникали более удачные варианты, хотя и они много раз исчезали без следа, пока, наконец, случайно не появились такие, у которых все органы оказались удачно приспособлены один к другому. Так возникли современные животные и люди, память которых сохранила истории о некоторых вымерших неудачных жизненных формах. Итак, с одной стороны мы видим гениальное прозрение о выживании наиболее приспособленных, а с другой – ряд последовательных актов творения, никак не затрагивающих вопросы эволюции и естественного отбора.

Только в одном (важнейшем) вопросе о познаваемости мира, Эмпедокл однозначно принимает сторону ионийцев, утверждая, что мир может быть постигнут при помощи чувств, без которых разум совершенно бессилён. От предметов истекают потоки частиц, которые проникают в нас через специальные органы: глаза, уши, нос. Однако чувства слабы

и дают нам лишь ограниченную искаженную картину реальности, поэтому разум приходит на помощь и дополняет ее.

Все же, необходимо признать, что эклектичная и двойственная система Эмпедокла в целом пыталась описать различные факты в рамках именно естественнонаучной гипотезы.

# Древнегреческая медицина. Алкмеон

Не менее оригинальным выглядит и учение другого греческого философа из Южной Италии – Алкмеона Кротонского. Скорее всего, он обучался у мистика Пифагора, но из-за своего увлечения медициной сформировал на удивление здравую для той эпохи систему взглядов, ограничив область человеческого познания исключительно чувственным опытом. Всяческие знания о «невидимом» полагались при этом доступными лишь богам, то есть, фактически, исключались из рассмотрения.

Постигая премудрости врачебного дела, Алкмеон изучал свойства растений, проводил вскрытия животных, наблюдал за течением болезней и развитием эмбрионов. Благодаря своим анатомическим исследованиям он первым открыл нервы, ведущие от органов чувств к мозгу, и заключил по-этому, что психическая деятельность протекает в голове, а не в сердце или диафрагме, как считалось ранее.

Также Алкмеон учил, что в человеческом организме имеется множество пар противоположностей – «мокрое-сухое», «горькое-сладкое», «горячее-холодное», – и когда все они пребывают в равновесии, то человек здоров, но если одна из этих сил берет верх над другими, то начинается болезнь, лечить которую нужно средством противоположным причине.

Физиологические процессы тут сравнивались с отношениями в обществе: когда все группы равноправны, государство стабильно, но стоит лишь одной партии захватить власть, и все прочие сразу же начинают страдать.

Вся последующая античная и средневековая медицина опиралась на спекулятивные идеи Алкмеона о здоровье, зато его анатомические достижения оказались восприняты далеко не всеми, поскольку научные факты еще долго не могли пересилить традицию или убедительность красивой метафоры.

# Материализм и атеизм. Анаксагор

Еще одну оригинальную попытку примирить идеализм с материализмом предпринял выходец из знатного и богатого ионийского рода по имени Анаксагор. Отказавшись от наследства, он пустился странствовать по Элладе и, в конце концов, поселился в Афинах, которые как раз переживали свой расцвет после разгрома армии Ксеркса. В стремительно развивающемся торговом городе уже начала формироваться бурная интеллектуальная жизнь, поэтому умеющий доступно излагать сложные вещи Анаксагор быстро добился признания и популярности. Его учениками стали и будущий историк Фукидид, и драматург Еврипид, и мудрец Архелай, воспитавший в последствие Сократа.

Не имея гражданских прав, инородец Анаксагор все-таки сумел добиться влияния и вошел в круг ближайших соратников Перикла – неофициального афинского лидера, старавшегося выражать интересы не отдельных классов, а всего полиса в целом. Такая политика, разумеется, нравилась далеко не всем, поэтому радикальные демократы на время забыли о своих разногласиях с аристократами, дабы вести против Перикла совместную борьбу. Опасаясь открыто нападать на популярного в народе политика, они решили ударить по его друзьям и возбудили против них ряд судебных процессов.

Так Анаксагора обвинили в безбожии, судили, признали виновным и вынуди отправиться в изгнание. Восприняв опалу с философским спокойствием, он вернулся в Малую Азию и провел остаток жизни в городе Лампсак, где пользовался всеобщим уважением.

Чему же столь оскорбительному для афинских богов учил Анаксагор? Многому. По его мнению, в мире имеется не четыре, а бесконечное число первоэлементов. Любой предмет можно делить сколь угодно долго, причем каждая полученная частица будет заключать внутри себя целую вселенную со своими солнцем и луной, своими городами и людьми. В каждой такой вселенной можно выделить свои малые частицы, которые также будут заключать в себе целые миры, и так – без конца. Понятно, что эти столь сложные частицы должны обладать всеми свойствами больших тел и иметь всевозможные формы, обеспечивающие плотное прилегание друг к другу. Пустота полагалась невозможной. Таким образом, любой предмет есть соединение уже существующих вещей-частичек, которые не исчезают и не изменяются, но лишь распадаются, чтобы соединиться вновь, но уже по-иному.

Единственным источником познания реальной природы вещей Анаксагор считал исключительно чувственное восприятие, а народные верования и олимпийских богов он с негодованием отвергал, однако движение рассматривал с идеалистических позиций, заявляя, что удивительный кос-

мический порядок не мог возникнуть вследствие беспорядочных событий, но требовал рационального влияния. По этой причине Анаксагор ввел в свою систему еще один особый элемент – Разум, который ни с чем иным не смешивается, но всем управляет: воздействуя на частицы, он образует вихрь и приводит их в стройный порядок. Закрученные частицы начинают двигаться с такой скоростью, что образуют сферическое небо, внутри которого располагается плотно подоженный диск Земли. Из-за отсутствия зазора воздух из нижней части небесной сферы не может перейти в верхнюю, и Земля покоится на нем, не падая. Когда-то края земного диска не были ровными, но выступающие части оказались оторваны движущимися небесами, увлечены вращением и разогрелись от быстрого полета. Подобным образом, по мнению Анаксагора, образовались небесные тела. Солнце представлялось ему огромным объектом, превышающим размерами Пелопоннес, а на Луне допускалась даже возможность жизни. Большая часть мира, однако, еще не охвачена влиянием Разума, поэтому считалось, что там царит хаос, и все частицы движутся безо всякого порядка.

Хоть Разум и потребовался Анаксагору лишь в качестве источника движения, который лишь однажды запустил механизм вселенной и больше не вмешивается в ее дела, но такая уступка идеализму оказалась даже опаснее, чем постулирование Эмпедоклом двух обособленных миров – мира науки и мира религии. Отныне у мистиков появилась лазейка в

механические законы природы.

Тем не менее, подобные взгляды показались афинянам чересчур ионийскими, то есть – недопустимо радикальными и смелыми. Безбожие Анаксагора состояло в том, для него космос не был сверхъестественным, и Солнце являлось просто летящей по небу «раскаленной глыбой», а все не мчащим на колеснице богом Гелиосом, дальним родством с которым (равно как и с другими богами) обосновывали свое положение некоторые аристократы. Впрочем, изгнание и предшествующий ему суд во многом носили показательный политический характер, поскольку в афинских книжных лавках и дальше успешно продавали сочинения Анаксагора. Культурный центр Эллады уже окончательно переместился из Малой Азии в Аттику.

# Атомизм и механицизм. Демокрит

Впрочем, другие регионы Греции также продолжали рождать выдающихся мыслителей. Так наиболее разработанное материалистическое учение древности создал фракиец Демокрит из богатого города Абдеры. Немалые деньги, доставшиеся от отца, он потратил на путешествия и образование. Впрочем, едва ли ему довелось, как утверждают античные биографы, побывать и в Египте, и в Индии, и в Эфиопии. Зато известно, что персы, ненадолго занявшие Фракию, обучали любознательного юношу премудростям вавилонской науки. Также он посещал Афины, общался там с Анаксагором, Сократом и пифагорейцами.

Родившийся и выросший в торговом полисе Демокрит придерживался демократических взглядов и несколько не уважал костную религиозную традицию предков. Правда, новые идеи тоже казались ему ненадежными: каждый философ учил по-своему, провозглашая святой истиной то, что другие называли нелепостью. Противоречивость греческой и восточной мудрости убедила Демокрита в том, что истинное знание о мире можно получить лишь полностью отказавшись от мнения авторитетов.

Дабы самостоятельно поразмышлять об устройстве вселенной, Демокрит уходил от городской суеты и уединялся

на тихих кладбищах. Нередко, осознав ничтожность человеческих дел, он без всякой видимой причины начинал хохотать, отчего и получил прозвище «смеющийся философ». Сograжданам такое поведение казалось болезнью или помешательством, но приглашенный Гиппократ заключил, что общается со здоровым и умнейшим человеком.

После всего сказанного нас уже не должно удивить, что воззрения Демокрита оказались во многом противоположны элейской школе. Вопреки мнению Зенона, утверждалось, что расчленять предмет бесконечное число раз невозможно, поскольку все тела состоят из мельчайших частиц, имеющих не нулевую, а некоторую минимальную величину. Такие частицы называются атомами (от греческого слова «ἄτομος» – не разрезаемый). У них нет частей, зато имеется бесконечное разнообразие свойств (размера и формы), а еще они допускают множество вариантов сочетаний, которые и объясняют разнообразие окружающих нас веществ. Всякий предмет – это просто комбинация большого числа сцепленных между собой атомов.

Время также состоит из отдельных кратких моментов, и в любой из них движущееся тело действительно неподвижно, однако при смене моментов оно скачкообразно перемещается в другое место пространства, а наше восприятие делает это прерывное движение плавным. Причем перемещение атомов осуществляется через пустоту, ведь как иначе вообще можно двигаться, если все пространство чем-то заполне-

но. До Демокрита ни один греческий мыслитель не допускал существования пустоты. Таким образом, все доводы элейцев отпадали – любой путь вполне возможно пройти, ведь, в конце концов, останется лишь один последний атом расстояния, который и будет в итоге пройден за один момент времени.

Чтобы сформировать теперь общую картину мира требовался принцип, управляющий событиями, поэтому Демокрит постулирует всеобщее равенство перед законом (природы) или, по-другому, принцип отсутствия достаточного основания – нет никаких причин для того, чтобы тело или явление имело место в какой-то конкретной форме, если возможны и иные варианты. Другими словами, если какое-либо событие представляется вероятным, то оно обязательно где-нибудь и когда-нибудь имело место, или имеет место сейчас, либо же будет иметь место в будущем. Отсюда вытекал, в том числе, и такой важный вывод: поскольку атомы могут двигаться, то они действительно движутся, а объяснять нужно вовсе не движение, но его изменение, ибо ничто не случается без причины.

С другой стороны, если какая-то одна причина представляется не более существенной чем все другие, то ничего совершаться не будет вовсе. Так, Земля покоится в пространстве потому, что находится в центре нашего мира, и для нее все возможные направления равноправны, иными словами: причина перемещаться вверх ничем не отличается от причины двигаться вниз, вправо или влево. Потому Земля и не

движется.

Наиболее разработанное материалистическое учение древности создал фракиец Демокрит из богатого города Абдеры. Немалые деньги, доставшиеся от отца, он потратил на путешествия и образование. Впрочем, едва ли ему довелось, как утверждают античные биографы, побывать и в Египте, и в Индии, и в Эфиопии. Зато известно, что персы, ненадолго занявшие Фракию, обучали любознательного юношу премудростям вавилонской науки. Также он посещал Афины, общался там с Анаксагором, Сократом и пифагорейцами.

Родившийся и выросший в торговом полисе Демокрит придерживался демократических взглядов и нисколько не уважал костную религиозную традицию предков. Правда, новые идеи тоже казались ему ненадежными: каждый философ учил по-своему, провозглашая святой истиной то, что другие называли нелепостью. Противоречивость греческой и восточной мудрости убедила Демокрита в том, что истинное знание о мире можно получить лишь полностью отказавшись от мнения авторитетов.

Дабы самостоятельно поразмышлять об устройстве вселенной, Демокрит уходил от городской суеты и уединялся на тихих кладбищах. Нередко, осознав ничтожность человеческих дел, он без всякой видимой причины начинал хохотать, отчего и получил прозвище «смеющийся философ». Согражданам такое поведение казалось болезнью или поме-

шательством, но приглашенный Гиппократ заключил, что общается со здоровым и умнейшим человеком.

После всего сказанного нас уже не должно удивить, что воззрения Демокрита оказались во многом противоположны элейской школе. Вопреки мнению Зенона, утверждалось, что расчленять предмет бесконечное число раз невозможно, поскольку все тела состоят из мельчайших частиц, имеющих не нулевую, а некоторую минимальную величину. Такие частицы называются атомами (от греческого слова «ἄτομος» – не разрезаемый). У них нет частей, зато имеется бесконечное разнообразие свойств (размера и формы), а еще они допускают множество вариантов сочетаний, которые и объясняют разнообразие окружающих нас веществ. Всякий предмет – это просто комбинация большого числа сцепленных между собой атомов.

Время также состоит из отдельных кратких моментов, и в любой из них движущееся тело действительно неподвижно, однако при смене моментов оно скачкообразно перемещается в другое место пространства, а наше восприятие делает это прерывное движение плавным. Причем перемещение атомов осуществляется через пустоту, ведь как иначе вообще можно двигаться, если все пространство чем-то заполнено. До Демокрита ни один греческий мыслитель не допускал существования пустоты. Таким образом, все доводы элейцев отпадали – любой путь вполне возможно пройти, ведь, в конце концов, останется лишь один последний атом расстояния,

который и будет в итоге пройден за один момент времени.

Чтобы сформировать теперь общую картину мира требовался принцип, управляющий событиями, поэтому Демокрит постулирует всеобщее равенство перед законом (природы) или, по-другому, принцип отсутствия достаточного основания – нет никаких причин для того, чтобы тело или явление имело место в какой-то конкретной форме, если возможны и иные варианты. Другими словами, если какое-либо событие представляется вероятным, то оно обязательно где-нибудь и когда-нибудь имело место, или имеет место сейчас, либо же будет иметь место в будущем. Отсюда вытекал, в том числе, и такой важный вывод: поскольку атомы могут двигаться, то они действительно движутся, а объяснять нужно вовсе не движение, но его изменение, ибо ничто не случается без причины.

С другой стороны, если какая-то одна причина представляется не более существенной чем все другие, то ничего совершаться не будет вовсе. Так, Земля покоится в пространстве потому, что находится в центре нашего мира, и для нее все возможные направления равноправны, иными словами: причина перемещаться вверх ничем не отличается от причины двигаться вниз, вправо или влево. Потому Земля и не движется.

Опираясь на указанный принцип, Демокрит дает полностью механистичную космогонию. Изначально в великой пу-

стоте различные атомы носились во всевозможных направлениях, но сходные атомы стали стремиться друг к другу, ибо в природе подобное притягивает подобное. Отклонившись от своих начальных траекторий, они по кривым путям собирались вместе и образовывали множество водоворотов. Из каждого такого вихря возник отдельный упорядоченный мир-космос (от греческого «κόσμος» – порядок, украшение). Все атомы стремились к центру водоворота, но тяжелые в итоге оттеснили легкие на периферию (подобно тому, как сильные люди оттесняют слабых с площади, где происходит что-нибудь интересное). Таким вот образом в середине нашего мира оказались тяжелые частицы земли, выше них – менее тяжелая вода, затем – легкий воздух, и совсем с краю – наилегчайший огонь. В других вихрях могли образоваться миры с несколько иными комбинациями элементов и светил.

Весьма любопытны и взгляды Демокрита на проблему восприятия реальности. Он замечает, что люди по-разному ощущают вкус блюд или цвет предметов: одни говорят, что мёд сладок, а другие – что горек, кому-то предметы кажутся зелеными, хотя остальные считают их красными. Поскольку во всех подобных случаях нет оснований полагать одно мнение более правильным чем другое, то Демокрит приходит к выводу, что никаких вкусов или цветов на самом деле нет. В реальности существуют лишь отдельные источаемые предметами атомы, которые проникают в наши тела и вызывают

те или иные субъективные ощущения. Тип такого ощущения зависит от формы попавшего в нас внешнего атома, а также от того, из каких атомов состоят органы чувств конкретного человека: у разных людей тут возможны некоторые отличия. Именно вариабельность в строении глаз или языков вызывает различия в восприятии вкуса и цвета.

Не менее интересна и биологическая концепция Демокрита. Тут он идет еще дальше Эмпедокла и не просто говорит о последовательных попытках творения – каждая более удачная, чем предыдущая, – но постулирует, что в природе выживают только наиболее приспособленные к условиям жизни существа либо же самые совершенные их органы и части, а все прочие вымирают или отмирают.

Точно также по Демокриту возникло и человеческое общество. Изначально люди вели дикую жизнь, боялись зверей, страдали от голода и холода. Самые глупые вымерли, а более сообразительные смогли приспособиться: сперва они научились прятаться в пещерах и укрываться листьями, затем – строить жилища и мастерить одежду. Самые развитые из нас даже объединились в общество и придумали язык. Единственной движущей силой во всем описанном процессе являлась одна лишь нужда, необходимость выжить.

Неудивительно также, что Демокрит не признавал традиционной религии, но при этом не отказывал богам в праве на существование. Он рассуждал весьма оригинальным образом. Раз уж имеется множество миров, то нет оснований счи-

тать, будто где-то не могли возникнуть более развитые, нежели мы, существа. Разумеется, они тоже смертны и подвластны законам природы, однако, намного мудрее и культурнее нас. Иногда из иных миров к нам прилетают отдельные атомы и, попадая в спящего человека, дают ему возможность увидеть во сне обитателей других планет. Отсюда и возникли представления о богах.

В вопросах этики Демокрит призывал во всем придерживаться меры, соотносить свое поведение с природными способностями, избегать страстей и крайностей, а вместо этого стремиться пребывать в состоянии благостной безмятежности. Любое зло всегда проистекает от недостатка мудрости, поэтому всякую проблему можно решить с помощью дополнительных знаний.

Конечно, мы должны признать, что с современной точки зрения взгляды Демокрита во многом остаются умозрительными, но все же нельзя не отметить ряд удивительных прозрений и здравых догадок, которые, несомненно, могли возникнуть исключительно лишь при попытке создать материалистическую систему мира. Судя по всему, в своих работах Демокрит постарался охватить все доступные тогда области знания, поэтому античные авторы упоминают около семидесяти его произведений, но до нас, увы, не дошло ни одного. Сохранились лишь отдельные отрывки, причем в основном приводимые другими авторами для опровержения атомизма. Существует легенда, что все тексты Демокрита выку-

пил и сжег идеалист Платон, но это, скорее всего, неправда. Эпоха рассвета классической Греции клонилась к закату, и в Элладе попросту начинали преобладать совсем другие идеи, поэтому тексты об атомах стали переписывать и читать реже.

# Общая характеристика эпохи греческой натурфилософии

Долгие века человечество использовало миф для объяснения своего непреложного места в этом мире. Ритуалы и предания являлись объектами веры и почитания, не подразумевающая даже самую возможность критики. Миф был дан изначально, дабы раз и навсегда определить устройство вселенной, нормы поведения и стереотипы мышления. Всякие отношения между явлениями природы мыслились подобно устройству родовой общины, ведь никакой иной сложной структуры человек еще не знал. Каждому полагалось занимать отведенное место, а любой несогласный обвинялся в желании разрушить закон мироздания и тем самым подвергнуть опасности всех вокруг.

С развитием и услужением греческого общества предпринимаются попытки художественно обработать и осовременить мифы. Так, в поэмах Гомера и Гесиода боги уже не выступают в качестве аморфных природных стихий, но обретают человеческий облик с ярко выраженными характерами. Одновременно с этим греки перестают поклоняться тотемам в виде древних валунов и деревьев, но все чаще создают для почитания изящные антропоморфные статуи. Статичная мифологическая картина мира уже не поспевает за социальными

ми изменениями, однако прогресс пока еще не воспринимается обществом как благо. Рождается легенда о давно миновавшей эпохе, когда люди жили счастливо и беззаботно, поскольку не гневил боги и следовали установленным нормам поведения. Нынешний же человеческий род, отказывающийся соблюдать традиционные порядки, обречен существовать в тяжелом труде и раздорах.

Тем не менее, рост населения, появление алфавита, интенсивная колонизация, а также удачное соседство с богатыми восточными империями – все это неизбежно вело к окончательному распаду традиционной греческой родовой общины. Зарождаются города-государства, с появлением которых начинают активно развиваться ремесло и торговля. Если изначально полис подразумевал полную автономию своего существования за счет собственной продукции, то спустя недолгое время почти вся Эллада превратилось в сообщество отдельных регионов, занимающихся производством тех или иных товаров для обмена. Стремительно формируются денежные отношения, влекущие сильное социальное расслоение общества.

Все это приводит к тому, что традиционные нормы права больше не могут регулировать общественное и индивидуальное поведение. Древние законы либо ничего не говорят о появившихся новшествах, либо же оказываются с ними несовместными. Требования обычая все чаще вступают в противоречие с реальной жизнью, отчего начинают казаться

нелепыми и ненужными. Родственные отношения и привязанность к небольшой территории перестают играть важнейшую роль в жизни многих эллинов, начинающих видеть, что мир слишком велик и сложен, дабы объясняться древними сказками. Конфликт между традицией и потребностями общества заставляет греков сформировать новый миф, который бы определил место каждой вещи, а также место человека в новой структуре космического порядка.

Понятно, что желание объяснять сразу всё вкуче с очень малым объемом знаний о природе могли привести лишь к появлению большого числа умозрительных и спекулятивных систем. Так и произошло. Представители родовитых землевладельцев предпочитали опираться в своих построениях на идеалистический и мифологический фундамент, дабы приспособить старые тезисы (оправдывающие их высокое положение в обществе) к новым реалиям. Передовой торгово-ремесленный класс, напротив, полагался на механистические построения, желая показать несостоятельность и даже абсурдность претензий старой аристократии. Для вовлеченных в средиземноморскую торговлю ионийцев характерна опора на практические знания, а также исключительный интерес к многообразию вещественного мира. Богатые сельскохозяйственные италийские колонии выше всего ценили доводы чистого разума, а глубокие математические исследования использовать для обоснования мистико-философских концепций. Когда, вслед за экономическим развитием,

в Афинах (занимающих срединное положение в географии Эллады) возникает интеллектуальная жизнь, то она поначалу пытается объединить и примирить оба этих направления греческой мысли. Естественно, что совместить несовместимое оказывается проблематично.

Современному человеку бывает довольно трудно преодолеть в себе желание усмотреть в рассмотренных выше философских учениях многие черты современной науки. В самом деле, по отдельности мы встречаем у греков немало гениальных догадок, прозрений и идей. Однако в таком деле следует проявлять крайнюю осторожность. Большая часть дошедших до нас текстов той эпохи (чаще всего в виде кратких отрывков) написана достаточно трудным и малопонятным языком, требующим аккуратного толкования. Многие древние слова не имеют однозначного перевода, более того – зачастую совершенно неясно, какой смысл автор вкладывал в придуманные им самим термины. Насколько любой из переводов отражает истинный смысл написанного – определить, пожалуй, невозможно. Понимание этих текстов нередко вызывало большие трудности даже у современников. Первоэлементы или законы вселенной нередко мыслились почти как трансцендентные божества, а натурфилософские теории чаще всего никак не оценивались на соответствие наблюдаемым фактам.

Важно также отметить, что в те времена человек сам по

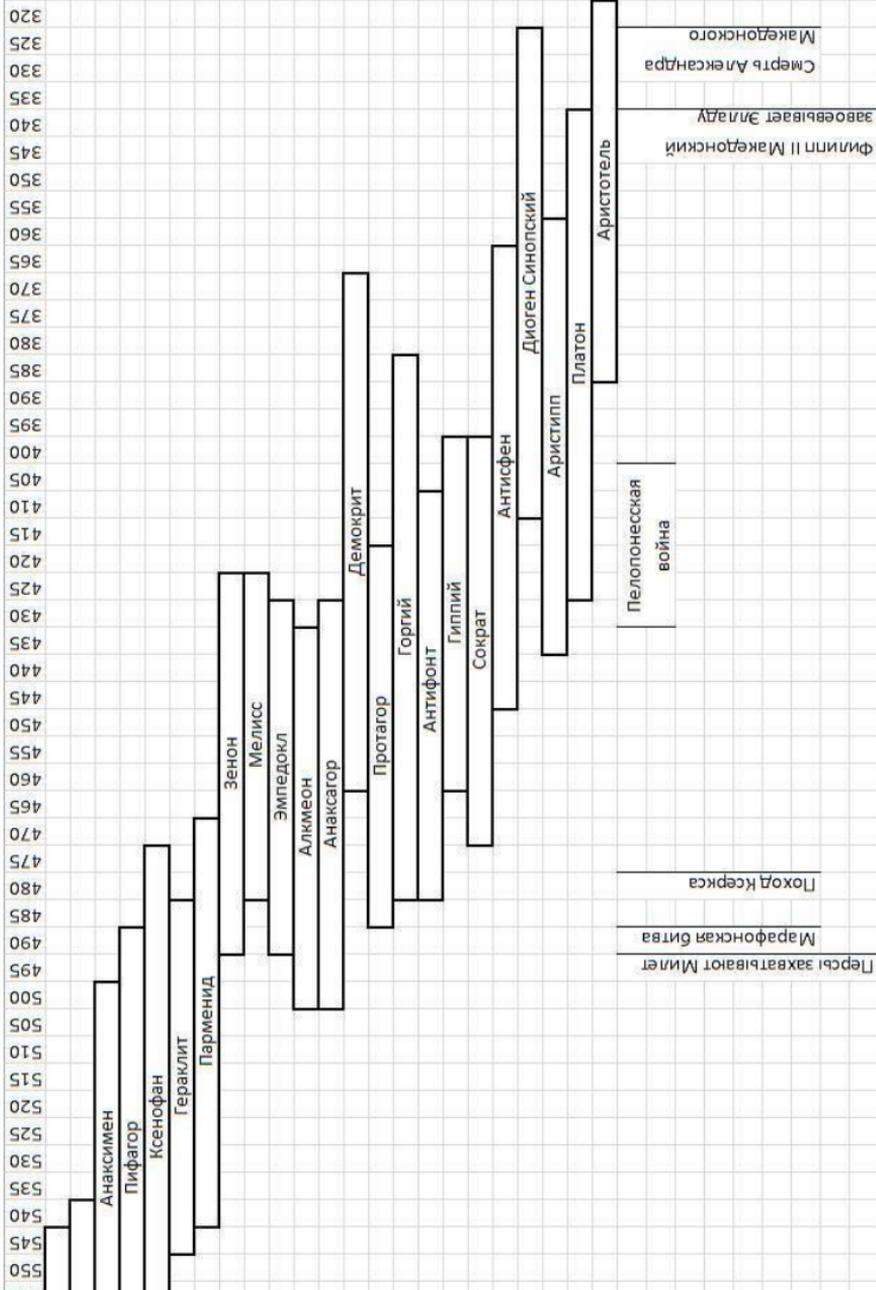
себе, равно как и социальные отношения между людьми, еще не мыслились отдельно от космоса. И общество, и природа по-прежнему были подчинены одним и тем же законам все-ленской справедливости или необходимости, которые с очевидностью обосновывали те либо иные взгляды на правильное устройство мира и греческого полиса. Именно об этих всеобщих законах, а также о методах их поиска, шел основной спор в VI-V веках до нашей эры. Нахождение первоосновы всего сущего должно было, как представлялось, дать тот устойчивый фундамент, на котором удастся построить здание нового рационального мифа – философии. Внимательный взгляд на окружающий мир должен был, как казалось, дать ответ на то, как правильно жить. Следующее поколение греческих мыслителей справедливо назовет своих предшественников «толкователями природы».

Основную дискуссию при этом вели не просто любознательные люди, но – весьма влиятельные государственные деятели и знатные граждане, занимавшие видные места в политической жизни своих городов. В чём им точно нельзя было отказать, так это в интеллектуальной смелости: они уверенно заявляли, что отказываются принимать любые идеи на веру, а вместо этого требуют обсуждения каждой мысли, включая проверку на логическую непротиворечивость. За подобную дерзость иной раз приходилось дорого платить.

К каким же результатам пришла философская мысль древних греков за два столетия своего развития? Если быть

честными, то даже современники считали, что – ни к каким. Было задано множество любопытных вопросов, на некоторые из которых человечество не смогло ответить до сих пор, однако в плане решения насущных для каждого эллина проблем натурфилософы не продвинулась ни на шаг. Борьба общественных групп, войны и бедствия происходили почти безотносительно учений милетцев или элейцев, а устремления пифагорейцев обернулись трагедией для них самих. Требовался какой-то иной подход к тому, чтобы определить истинные законы жизни общества. Размышления о «мире вообще» оказались тупиком.

Вместе с Демокритом эпоха натурфилософии завершилась. Отныне греческая мысль спустилась с неба на землю, поселилась в городах и начала рассуждать о добре и зле.



жизни греческих философов (многие даты приняты условно, поскольку точных данных не существует)

# ГЛАВА ШЕСТАЯ. Я ЗНАЮ, ЧТО Я НИЧЕГО НЕ ЗНАЮ

## Общественная жизнь Афин

К началу IV века до нашей эры афинская демократия так и не сумела найти решение социальных противоречий рабовладельческой экономики, а потому потерпела поражение в Пелопонесской войне и потеряла свою былую привлекательность. В греческом обществе вновь стали преобладать аристократические взгляды.

В новых условиях больше не могла считаться приемлемой концепция, согласно которой мир образован отдельными атомами, подчиняющимися одинаковым естественным принципам без всякого вмешательства свыше. Многим казалось, будто эта теория дает логическое обоснование тому, что общество также должно состоять из равных граждан, сосуществующих на основании общих и обязательных для каждого законов. Земельная аристократия видела в атомизме вредное для государства безбожие и анархизм. Из-за всего этого учение Демокрита, открывавшее дорогу к развитию греческой мысли в сторону эмпирических наук, оказалось

отвергнутым.

Одновременно с этим важно понимать, что и ранее, когда демократические Афины Перикла были центром греческой культуры, там не наблюдалось особого интереса к проблеме устройства мира. На первый взгляд это может показаться несколько странным и даже противоречащим выводам предыдущей главы, однако причина, как представляется, заключается в следующем. Политические изменения, вызванные одновременно внутренними и, что важнее, внешними факторами, происходили в Аттике столь быстро, что афинянам просто не потребовалось отдельного философского учения, на которое можно было бы опираться в борьбе за демократические институты. Если в Малой Азии или на юге Италии отдельные группы населения всего лишь пытались аргументировать свои притязания на какие-то политические права, то в Афинах реформы с неизбежностью происходили следом за развитием экономики. Почти каждому гражданину полиса были очевидны личные выгоды народо-властия, так что их не требовалось обосновывать теоретически, но вполне достаточно было просто подкрепить реальной силой. Неудивительно, поэтому, что в Афинах людей занимала в первую очередь правильная организация общественной жизни, а кроме того – способы занять достойное место новой социальной системе.

Последнее обстоятельство особенно важно, ведь в демократическом полисе любой житель мог сделать себе полити-

ческую карьеру с помощью природных или приобретенных талантов, а в первую очередь – за счет умения убедить толпу и повести ее за собой. Получив гражданские права, люди обрели право голоса, который, как сразу же выяснилось, мог стать грозным оружием. В Афинах почти на все государственные должности избирали по жребию на непродолжительный срок, а в судах все отвечали лично от своего имени. Таким образом, каждому регулярно приходилось иметь дело с административной машиной, выступать перед публикой либо же исполнять роль судьи.

# Политическая борьба. Софисты

Разумеется, некоторые греческие интеллектуалы захотели извлечь выгоду из сложившихся обстоятельств. Таких людей называли софистами (от слова «σοφιστής» – мудрец), и они сумели превратить философию в весьма прибыльное дело. Прежние учителя редко выступали для большой аудитории, но, напротив, собирали закрытый кружок последователей, которым и открывали свои знания. Софисты поступали иначе: странствовали от одного города к другому и устраивали там платные публичные выступления, либо же давали частные уроки ораторского искусства. Они учили красоте речи, мастерству выигрывать любой спор, а также различным нужным для этого риторическим уловкам. Занятия стоили немалых денег, но желающих приобщиться к новой мудрости хватало. При этом ученики софистов вовсе не желали становиться учеными, но получали образование исключительно ради перспективы занять выгодную должность. От науки бралось то небольшое, что являлось полезным на практике: помогало решать административные задачи, выступать в суде, быть интересным собеседником в обществе. Софисты поэтому излагали в первую очередь учения об устройстве государства, о морали и нравственности или о счастье. Точные науки сами по себе не отрицались и даже иногда изу-

чались, но оценивалась крайне скептически (тем более что реальные результаты умозрительной натурфилософии были тогда весьма скромными).

Напомним, что сам демократический строй заключался, прежде всего, в том, что богатые могли наслаждаться своим положением, не угнетая остальных свободных граждан, за которых трудились многочисленные рабы. Софисты же в первую очередь обучали именно тех, у кого имелись средства на образование, так что их деятельность носила четкий классовый характер.

# Протагор

Когда говорят о софистах, то всегда начинают с Протагора. Этот земляк и старший современник Демокрита обучал красноречию каждого, кто был готов достойно заплатить. Занятия пользовались немалым спросом и, судя по всему, стоили своих денег. Разумеется, риторика была востребована в первую очередь там, где многие обладали правом выступать в государственных учреждениях, поэтому Протагор перебрался в Афины и стал ведущим идеологом демократии. Он утверждал, что человек сам является мерой всех вещей, а посему всякий предмет либо явление существуют для каждого из нас именно в том виде, каким мы его представляем. В некотором смысле тут наблюдался перенос мнения Гераклита в область личных ощущений: все вещи текучи, о каждой можно высказать противоположные суждения. Так, разные люди могут назвать один и тот же фрукт кислым либо сладким, но оба будут по-своему правы, ведь для каждого существует его собственные отдельный мир, а вне нас – лишь неопределенная материя.

На вопрос о том, как же познать объективный мир, если он видится уникальным для каждого из нас, Протагор отвечал просто – голосованием. Таким образом, принцип демократии распространялся и на теорию познания: группе лю-

дей следует принять за истину мнение большинства.

В этом смысле Протагор заявлял, что вся мудрость, которой он учит, предназначена для управления государством, ибо Зевс каждого человека наделил стыдом и правдой, дабы люди могли жить сообща, объединяться в государства и не обижать друг друга. Именно поэтому в политических вопросах необходимо слушать всякого человека, поскольку каждый причастен к справедливости и рассудительности. Однако добродетельное поведение само по себе не есть врожденное качество, и ему необходимо обучаться у хороших преподавателей (например, у Протагора).

Подобные рассуждения, несомненно, приходились по нраву большинству афинян, но популярность была переменчива даже в те далекие времена. На свою беду Протагор, оставаясь до конца последовательным, заключил, что не может однозначно сказать, существуют ли боги, либо же не существуют. Такой ответ сочли богохульством и вынесли приговор – изгнание. Вынужденный покинуть Афины опальный мудрец хотел отправиться на Сицилию, но погиб во время кораблекрушения.

# Горгий

Другой известный софист – Горгий из сицилийского города Леонтины – был современником Протагора и пользовался в Греции невероятной популярностью. Он много путешествовал, часто выступал на различных мероприятиях и везде имел грандиозный успех. Его речи казались современникам чем-то невероятным, они буквально пленяли слушателей. Горгий всегда тщательно подбирал слова и никогда не скупился на метафоры, аллегории, гиперболы, антитезы и созвучия, которые превращали любое выступление в чарующую поэзию и неизменно вызывали требуемые эмоции. Одновременно с этим немалое внимание уделялось и точности логических построений: при необходимости Горгий выстраивал длинные цепи неопровержимых аргументов, способных убедить даже самых придирчивых судей. Каждую свою речь он тщательно прорабатывал и составлял по определенным синтаксическим схемам, которые, как ему было известно из опыта, наиболее удачно воспринимаются слушателями. С другой стороны, Горгий не боялся импровизаций, поскольку заранее продумывал варианты ответов на любые виды возражений.

Известно, что Горгий родился в семье врача и обучался у прославленного медика Эмпедокла, так что уже с моло-

дых лет он узнал, как правильно уговорить пациента принять горькие лекарства либо согласиться на болезненную операцию. Со временем Горгию удалось выработать сугубо прагматичное отношение к ораторскому искусству: речь не должна быть правдивой или честной, ведь ее основная цель – убедить слушателей и склонить их к нужному решению. Для этого хороши любые средства, а в зависимости от обстоятельств нужно воздействовать и на разум, и на душу, а то и вовсе прибегать к различным ухищрениям.

Когда во время Пелопонесской войны Леонтины решили попросить у Афин защиты от агрессивных Сиракуз, то именно Горгию поручили возглавить посольство. Красотой и убедительностью своих речей он настолько очаровал афинян, что те отбросили всякие сомнения и начали Сицилийскую компанию, которая, как нам уже известно, закончилась катастрофой. На популярности самого Горгия это, впрочем, никак не отразилось – он продолжил успешно выступать в разных городах и обучать богачей красноречию. Многочисленные упреки в неискренности и даже прямом обмане несколько не уменьшали числа его слушателей, ведь они искали собственной выгоды, а до истины им не было никакого дела. Тут достаточно будет отметить, что у Горгия среди прочих обучался афинянин Алквад, посвятивший свою жизнь беспринципной борьбе за власть и сумевший во время Пелопонесской войны удачно повоевать за обе стороны.

Одновременно с этим Горгий, изучивший в молодости на-

турфилософию, написал трактат «О несуществующем или о природе» где по всем правилам философской полемики доказывал, что ничего не существует, а если бы нечто и существовало, то оно было бы непознаваемо, а будь оно даже и познаваемо, то такое познание нельзя было бы выразить словами и сообщить другим. Данное произведение не дошло до нас целиком, поэтому трудно оценить, являлось ли оно просто пародией или же было реальным манифестом радикального нигилизма, однако нешуточный и глубокий характер аргументации позволяют заключить, что это, скорее всего, был серьезный труд, направленный против влияния материалистических школ.

# Антифон

Особый интерес представляют также мысли софиста Антифонта. В своих сочинениях он доказывал, что все люди абсолютно равны – и варвары, и эллины, и знать, и простолюдинам, – ведь каждый рождается голым, ест руками и дышит воздухом. Всякие различия, как этнические, так и социальные суть лишь вредные предрассудки.

В другом месте Антифонт утверждал, что истина заключается в природе, а всякие человеческие законы являются лишь мнением или домыслами, а потому в отсутствии свидетелей всегда следует поступать согласно природе, даже если это нарушает постановления государства. Более того, опираясь на собственные наблюдения, Антифонт называл суды сплошной несправедливостью, где помогают сильным и обижают слабых, ведь умеющий убедительно говорить всегда берет там верх, пусть даже он и неправ. Честному порядочному человеку вообще не следует связываться с системой правосудия.

Подобные взгляды не просто бросали вызов классовым предрассудкам полисной аристократии, но осуждали всю идеологию рабовладельческого общества, уверенного в превосходстве культурных греков над невежественными варварами.

С другой стороны, все сказанное не мешало Антифону зарабатывать свой хлеб написанием речей для судебных заседаний.

# Софисты и кризис афинской демократии

Протогора и Горгия относят к старшим софистам – тем, кто профессионально обучал других искусству красиво говорить. Для них было важно уметь одинаково убедительно выступить как в защиту, так и в опровержение любого тезиса независимо от его истинности. Таких учителей с одной стороны уважали и высоко ценили, но при этом одновременно считали манипуляторами и лжецами, готовыми пуститься на любые уловки ради своей выгоды. Софисты подняли мастерство дискуссии на невиданный доселе уровень, а также внесли большой вклад в изучение устройства языка и человеческого мышления.

Пусть Протагор еще не противопоставлял природу и закон, но в эпоху кризиса греческой (в первую очередь Афинской) демократии вопросы космологии и естествознания все больше отходили на второй план, уступая место проблеме личного поведения человека. В этих условиях поднятые Антифонтом вопросы стали ключевыми для следующего поколения софистов.

Так, феноменальный эрудит Гиппий, способный без подготовки выступить на любую тему, отстаивал мнение, что раз уж все люди сходственны внешне, то, значит, все они явля-

ются согражданами по природе, и лишь человеческий закон принуждает их жить и поступать вопреки своей натуре. Дабы каждый мог действовать сообразно естеству, необходимо отменить постановления всех государств и ввести единый для всех природный закон, постичь который можно изучив те основы нравственности, которые являются общими для эллинов и варваров. Таким образом, отрицалась не только разница между полисами или их гражданами, но и разница между народами, что полностью противоречило устоям греческого общества.

Другой софист младшего поколения по имени Алкидамант пошел еще дальше и осмелился провозгласить, что природа никого не сотворила рабом.

Одновременно с этим Ликофрон объявил, что простолюдин ничем не отличается от аристократа, и потому благородство происхождения ничего не значит. Государство же, по мнению Ликофрона, существует для удовлетворения нужд граждан и должно защищать каждого от посягательств на его права. Обеспечить выполнение такой задачи можно лишь в случае, если всякий будет соблюдать ряд обязательств перед другими людьми. Однако ежели принятые законы перестают соответствовать личным интересам индивида, то никто не обязан их соблюдать, и любой человек может действовать сообразно природным потребностям.

Удивительно, но радикальные взгляды молодых софистов пришлись по нраву многим аристократам, которые лишь

приветствовали проповедь неподчинения государству. Это легко понять, если вспомнить, что во многих полисах тогда установилось демократическое правление, ограничившее привилегии знати. В самом деле, если государственные законы ничего не значат, а нравственные нормы сомнительны, то, очевидно, сила может выступать вполне достойным источником права. Более того, заявлялось, что существующие установления специально выдуманы хитрой и алчной толпой, дабы обманом убедить сильных людей, будто бы им полагается равная доля со слабыми.

# **Борьба с софистами и антидемократическая реакция. Сократ.**

Впрочем, позиция софистов, доказывающих, что людские обычаи условны, а добро и зло относительны, находила опору и среди демократически настроенных слоев греческого общества. Однако многих всё же возмущала подобная беспринципность, ведь именно популисты и демагоги втянули Афины в сицилийскую авантюру, повлекшую тяжелейшее поражение. Сегодня мы с высоты современного нам исторического знания можем утверждать, что случившееся было объективно неизбежным, и афинскому могуществу так или иначе в скором времени наступил бы конец. Тогда ситуация виделась несколько иначе – невежественная толпа голосовала за решения, противоречащие словам опытных полководцев и мудрых политиков; честных и невиновных людей наказывали; бездари, раздающие невыполнимые обещания, пробирались наверх. Результатом оказался крах.

Многие считали софистов ответственными за случившееся, ведь именно они обеспечивали идеологическую поддержку творящемуся хаосу. Кому-нибудь оставалось лишь сформулировать накопившиеся возражения, и такой человек на-

шелся. Непримируемую борьбу с софистическими взглядами решил вести сын афинского скульптора и повитухи по имени Сократ. Он учил добродетели как таковой и, в противоположность своим оппонентам, которые называли себя мудрецами, постоянно подчеркивал, что ничего не знает, а потому денег ни с кого никогда не брал.

Знания об устройстве мира Сократ считал малополезными для жизни, а потому полностью посвятил себя проблеме нравственности, и его позиция тут была следующей. Справедливость абсолютна и тождественна пользе, а посему все справедливое полезно, а несправедливое вредно. Истина также абсолютна и является благом (ведь знать правду – это, несомненно, хорошо), откуда неизбежно вытекает тождество добродетели и знания. Следовательно, люди поступают дурно лишь из-за того, что не ведают, в чем состоит добро, а в чем – зло. Познавший истину человек не станет поступать плохо, поскольку ему очевидна противоестественность такого действия. При этом Сократ полагал, что знание истины уже изначально сокрыто внутри каждого человека, просто люди не понимают этого факта, а потому все, что требуется для добродетельного поведения – это познать самого себя. Отсюда вытекало, что добродетели можно обучить, чем, собственно, и решил заняться Сократ. Его методом были не речи и наставления, а диалог.

Нельзя точно установить, имелась ли вообще у Сократа полная проработанная философская система: он был гра-

мотен, но не записывал своих мыслей. Не являясь знатным или богатым гражданином, Сократ все же отличался необычайным благородством поведения и неординарностью поступков. Он вел аскетичную праведную жизнь, пренебрегал деньгами, был принципиально справедлив, усердно укреплял свой организм физическими упражнениями, в бою показывал себя отважным и умелым воином, не боялся холода, не пьянел от вина.

Сократ ходил по городу босой и в старой одежде, собирал вокруг себя молодых людей и беседовал с ними о добре и зле. Особенно же сильно любил он притвориться простаком и неожиданно обратиться к видным людям (нередко – к известным софистам) с какой-нибудь странной проблемой. Например, просил дать определение добра, справедливости либо мужества. Обычно Сократ скромно заявлял, что ничего не знает и хочет получить мудрое разъяснение. Поначалу на это реагировали снисходительно и давали развернутые ответы, однако на этом дело не заканчивалось. Ловкими наводящими вопросами Сократ постепенно доводил слова оппонента до абсурда, выявлял в них противоречия и несоответствия поступкам. Через некоторое время собеседник оказывался вынужденным признать верной именно ту позицию, которая исподволь подсказывалась ему изначально. Такой метод ведения беседы Сократ называл майевтикой (от греческого «μαίευτική» – повивальное искусство), подчеркивая, что лишь помогает человеку разродиться сокрытым

внутри него знанием.

При этом хоть Сократ и являлся выходцем из афинского простонародья, но пропагандировал аристократический строй, утверждая, что живущий в государстве человек фактически заключает с этим государством договор и обязан потому исполнять все его законы, обряды, и постановления. При этом каждый гражданин должен заниматься своим делом, то есть таким, в котором он является профессионалом. В самом деле, все соглашались с тем, что за лошадьми надлежит следить конюху, обувь чинить – башмачнику, а вести корабль через моря – кормчему. Посторонним людям вмешиваться в чужую работу не следует, иначе не выйдет беда. Но тогда логично заключить, что и государственные дела необходимо поручать лишь специально обученным профессионалам, но ни в коем случае не каждому гражданину, как это сделано в демократическом полисе. По мнению Сократа, власть в государстве должна находиться в руках аристократов, поскольку лишь им не требуется зарабатывать себе на жизнь, и они могут уже с детства обучаться искусству управления.

Несмотря на свою антидемократическую позицию, Сократ все же добросовестно исполнял возлагаемые на него государственные обязанности. Он участвовал в трёх сражениях Пелопонесской войны, где проявил себя доблестным гоплитом и даже, спасая раненого полководца Алкивиада (своего ученика), в одиночку разогнал дубиной спартанскую

фалангу. Затем на народном собрании Сократ единственный пытался не допустить вынесения смертного приговора стра-тегам, победившим в морском сражении, но не сумевшим выловить из воды тела погибших афинян. Характерно также, что после того как Спарта установила в Афинах олигархи-ческий режим Тридцати тиранов, Сократ открыто осуждал их жестокое правление и отказывался им повиноваться, хотя многие из них были его учениками.

Тем не менее, когда афинский народ свергнул, наконец, иго тирании, то семидесятилетнего Сократа демократи-ческим голосованием приговорили к смерти. Основанием для этого послужили богохульство и развращение молодежи, но на деле горожане просто мстили философу за бесчинства его учеников. Хотя, возможно, большинство просто решило, что легче заставить Сократа замолчать, чем устранить из обще-ства то зло, о котором он постоянно говорил.

# Падение демократии. Последователи Сократа. Платон

Смерть Сократа знаменовала трагическое завершение великой истории Афин. После окончания Пелопонесской войны политическое лидерство перешло к Спарте, и Грецию охватила мрачная интеллектуальная реакция. В эту пору становятся популярными философские школы учеников Сократа, по-разному трактующих его этические принципы. Так, киники стремились к полной личной и духовной независимости, а потому жили в природной простоте, отвергая все потребности кроме самых основных. Киренаики, напротив, заявляли, что высшей жизненной ценностью является достижение максимума удовольствий и наслаждений. Оба этих учения оказались востребованными, поскольку помогали эллинам найти свое место в мире, где их полисы стремительно теряли независимость. Важно отметить, что и киники, и киренаики выступали яростными противниками материализма, отрицая всякую достоверность естествознания.

Однако самым значимым из всех греческих философов оказался ученик Сократа по имени Аристокл. Нам он более известен под прозвищем Платон, которое можно перевести как «широкоплечий». Некоторые источники утверждают, что он был олимпийским чемпионом по борьбе. Весьма

характерно, что эллины уважали одного из своих мудрейших современников именно за физическую силу.

Вся древняя, средневековая и даже нынешняя философия несет на себе отпечаток платоновских воззрений: соглашается либо спорит с ними. Их влияние на дальнейшее формирование западной научной мысли огромно. Хотя более правильным, пожалуй, будет сказать, что Платон просто озвучил и сформулировал интеллектуальную программу, которая наиболее полно отвечала потребностям развития Европы и Ближнего Востока на многие века вперед.

Родившийся в первые годы Пелопонесской войны Платон к ее завершению был уже достаточно здравомыслящим молодым человеком, чтобы однозначно заключить – причины поражения Афин кроются в порочности демократии. Победившие спартанцы оставили в акрополе свой гарнизон и установили олигархический режим Тридцати тиранов, чему аристократ Платон был поначалу весьма рад. Он воспринял перемены с энтузиазмом и даже включился в государственную жизнь, однако развязанный террор вынудил Платона разочароваться в тирании. Когда с помощью Фив удалось восстановить в Афинах народное правление, то смертельный приговор, вынесенный Сократу, лишь укрепил Платона в его политических взглядах.

Неудивительно, что из всей накопленной греками мудрости Платон взял лишь то, что помогало ему вести борьбу с

демократией. От Пифагора он воспринял веру в потусторонний мир и стремление математически обосновать мистические построения; от Парменида – убежденность, что любые изменения иллюзорны, а реальность вечна и постоянна; от Гераклита – доктрину, что в чувственный мир непостоянен. Все эти концепции, сложенные вместе, однозначно говорили, что истинное знание может быть достигнуто только лишь разумом, но никак не эмпирически.

Кроме того, Платон перенял у Сократа увлечение моральными вопросами и веру в высший приоритет идеи Блага, понимание которого только и способно сделать из человека хорошего государственного деятеля. Постулировалось, что Благо является общим для всех и каждого, и постичь его возможно только путем соответствующего интеллектуального и нравственного воспитания под руководством правильного наставника. Очевидно, что только аристократы имели достаточно средств и досуга, чтобы в должном объеме обучиться всей необходимой мудрости.

При этом Платон, разумеется, отрицательно относился к натурфилософии и естествознанию, ведь они в греческом сознании были почти неразрывно связаны с демократическими устремлениями. Философию предполагалось излагать в сугубо идеалистическом ключе, чему весьма помогали разработки пифагорейцев и элейцев, а поэтому превыше прочих наук Платон ставил математику, однако, далеко не всякую. Так, например, он считал недопустимым рассматривать чис-

ловые и вычислительные вопросы, равно как и задачи, для решения которых требовались сложные инструменты или механизмы, ведь всё это является делом ремесленников, а не философов. Из прикладных вопросов одобрялось лишь то, что используется в военном деле. Впрочем, Платон достаточно хорошо ознакомился со многими положениями науки своего времени, но сделал это в первую очередь для того, чтобы опровергнуть философию материалистов, а особенно – Демокрита (которого принципиально ни разу не упомянул в своих многочисленных текстах).

Материалисты эмпирики считали человеческое тело инструментом соприкосновения с реальным миром, но для Платона оно – злой посредник, искажающий восприятие и отвлекающий нас чувственными ощущениями от интеллектуального созерцания истины. Зрение или слух ненадежны, они могут обмануть, но мысль и логика, если оставят тело, способны устремиться к истинному бытию и даже прийти к реальным абсолютным сущностям. Таким образом, вместо научного наблюдения и опыта предлагалось положиться на мистическое прозрение и математические рассуждения.

Умение постигать геометрические истины, верность которых логически очевидна каждому, считалось обязательным условием для того, чтобы подготовить свой ум к восприятию высших идей. Кроме того, Платон пытался математически обосновать неравенство между людьми, доказывая, что надлежащая мера справедливости должна определяться

геометрически (пропорционально достоинству человека), а не арифметически (по равенству меры или числа). Плутарх трактовал платоновский тезис «бог всегда геометризирует» в том смысле, что бог является противником демократии.

Развивая мысль учителя, Платон полагал рациональное исследование понятий единственным источником знания. Фактически же все свои выводы он получал интуитивно, полагаясь на свою богатую фантазию и мистический склад ума. Так, заявлялось, что лишь общие понятия (идеи) являются истинными сущностями – неподвижными, неизменными и вечными. Подобно тому, как в логике общие понятия распадаются на рода, рода – на виды, а виды – на конкретные вещи, также и иерархию идей Платон мыслил в виде пирамиды, на вершине которой находится высшая идея Блага, ниже – менее общие идеи, которые также распадаются на свои еще более частные варианты. Материальные же предметы находятся в самом низу и представляют собой лишь тени – тусклые и искаженные отображения идей высшего уровня.

В самом деле, говорит Платон, каждая вещь одному из нас кажется прекрасной, а другому – безобразной, то есть всякий предмет сочетает в себе взаимоисключающие свойства, а, значит, является нереальным. Отсюда необходимо заключить, что чувства дают нам лишь мнение о мире, тогда как истинное знание относится не к отдельному красивому предмету, но к «прекрасному самому по себе». Так, в мире рождается множество кошек, и все они различны, точ-

но также и плотники делают множество разнообразных кроватей, но обо всех них мы говорим: «Это кошка» или «Это кровать». Очевидно, что слова «кошка» и «кровать» необходимы в языке, но под каждым из них мы подразумеваем не конкретное животное или конкретный предмет мебели, но напротив –

нечто общее, нечто универсальное, что есть у всех кошек и у всех кроватей. Эти отраженные в нашем мышлении «кошка» и «кровать» не имеют конкретного места в пространстве и времени, но являются вечными и неизменными идеями, а отдельные реальные кошки и кровати возникают как частные несовершенные воплощения этих идей.

Соответственно, философом является тот, кто способен созерцать не отдельные кажущиеся предметы и явления, но истинные их формы, то есть идеи. К частным же мирским делам и событиям философу следует относиться пренебрежительно.

Человеческая душа также является сверхчувственной сущностью, вечной и неподвижной, но выступающей причиной движения. Из положения о вечности вытекало, что душа бессмертна, она существует всегда, переселяясь из одного тела в другое. При этом всякое наше истинное знание об идеях возможно лишь потому, что души некоторых людей (философов) еще сохранили некоторые воспоминания о том времени, когда они не были заключены в смертные тела и могли непосредственно созерцать Абсолют.

# Аристократическое государство Платона

Личные взгляды на общественные отношения Платон изложил в знаменитом произведении «Государство», где показал себя утопистом, не понимающим, что на его глазах происходит вовсе не возвращение обратно от демократии к аристократическому правлению, а идет стремительное объединение небольших греческих полисов в крупные монархии. Новые державы будут опираться не на землевладельцев и не на народные массы, а на сильную армию и единое экономическое пространство. В своих мечтах Платона соединил все предрассудки своей эпохи, и представил читателям идеализированную до абсурда Спарту, восхищение которой, впрочем, легко объяснить ее консервативным политическим устройством и уверенной победой над Афинами.

Сам Платон, впрочем, обосновывал свои политические пристрастия весьма изысканными метафизическими аргументами. Поскольку, по его мнению, наблюдаемый нами мир является лишь бледным отражением реального совершенного мира идей, то человеческие души в своем изначальном существовании созерцали истинный мир, но сейчас погрязли в трясине чувственной действительности и обо всем позабыли. Лишь некоторые из самых благородных людей могут по-

сле правильного воспитания и образования пробудить в своих душах воспоминания о мире идей, в том числе – познать истинную суть Блага. Таким образом, во главе государства должны стоять те, кто обладает высшими душами и способен потому принимать по-настоящему правильные «благие» решения, то есть – философы, являющиеся людьми высшего класса. Причем они, полагаясь на свое понимание Блага, могут фактически поступать, как им заблагорассудится, не ограничиваясь никакими законами.

Во второй, более низкий класс – воинов – надобно назначать тех, чьи души в силу личных дарований способны познать лишь мужество. Воинам следует посвятить свою жизнь защите государства и поддержанию порядка. В целом, резкой границы между воинами и философами не подразумевалось – всем им полагалось жить коллективным бытом без частной собственности и семьи. Женщин предлагалось обобществить, детей отбирать у родителей и воспитывать всех вместе, причем особые чиновники должны из евгенистических соображений назначать желательные для продолжения рода союзы, устраняя больных младенцев. Ради поддержания в обществе высоких моральных устоев предлагалось подвергнуть литературу (даже детские сказки) жесткой цензуре: не поощрялся даже Гомер, ведь он приписывал богам нехорошие поступки, не прославлял смерть в бою, а также поощрял неумеренность в еде и развлечениях. Из музыки допускались только простые мужественные гармонич-

ные ритмы, но никак не расслабляющие или печальные. Запрещались также смех, сладости, поэзия и театр, ведь они вызывают у людей ненужные вредные ощущения и эмоции, либо склоняют к нежелательным поступкам.

Платон считал, что должное воспитание сделает женщин равными мужчинам, поэтому каждому человеку, независимо от пола, полагалось постигать культуру, сурово тренировать свое тело и правильно питаться.

Обычных же людей с душами низшего сорта бессмысленно обучать наукам, поскольку всякая связь с миром идей у них потеряна, а иного источника знаний Платон не признавал. Таким людям подобало не задумываться об участии в управлении государством, ведь единственная цель существования крестьян и ремесленников – обеспечивать пищей и необходимыми вещами граждан высших классов. В такой ситуации государству не требовались рабы, поскольку их функцию исполнял демос, о благосостоянии которого Платон нисколько не заботился, с презрением призывая сохранить за народом лишь фиктивные права. Во избежание опасных брожений рекомендовалось постоянно прибегать к обману и одурманиванию масс религиозной пропагандой, а скептиков и атеистов незамедлительно и жестоко наказывать.

В результате, как утверждалось, должно получиться государство, основанное на принципе справедливости, суть которой заключается в том, что каждый занимается своим де-

лом и не вмешивается в чужую работу.

Поскольку было совершенно очевидно, что существующие государства весьма далеки от платоновской утопии, а постепенные реформы едва ли позволят к ней приблизиться, то предлагался следующий рецепт. Всех людей старше десяти лет следовало выгнать из городов, лишитъ всяких прав и превратить в зависимых крестьян, а оставшихся детей надлежало отдать на воспитание философам (очевидно, Платону и его сподвижникам), чтобы те вырастили из них новых граждан, не оскверненных вредными политическими веяниями.

В более позднем своем сочинении «Законы» Платон дополнил свою концепцию рядом уточняющих соображений. Так, идеальному государству следовало располагаться вдали от моря, не иметь корабельного леса или потребных иностранцам природных богатств, там категорически запрещались ростовщичество и частная собственность на землю, простой народ никогда не допускался в города, а с богатых граждан взимался штраф за отказ от участия в государственных делах.

Несложно видеть, что фактически тут оглашается призыв вернуться не просто в прошлое, но сразу – в архаическую эпоху, причем не настоящую, но такую, какой ее воображали себе во времена Платона.

Несколько раз тираны Сиракуз приглашали Платона в ка-

честве своего политического советника, но в итоге философ неизменно оказывался вынужденным бежать обратно в Атику. После первой неудачной попытки построить идеальное государство на Сицилии он собрал в Афинах кружок учеников и начал проводить с ними беседы в пригородной роще, названной в честь древнего героя Академа. Через некоторое время в 380-х годах до нашей эры Платон зарегистрировал там религиозное сообщество (так легче было получить участок земли) фактически представляющее собой элитную школу, где обучали политике, математике и диалектике. Девиз Академии гласил: «Не геометр да не войдет!»

# О том, что вся греческая философия являлась политической декларацией

Важно понимать, что «бытовое» представление греков об устройстве вселенной носило, как это свойственно многим народам, этико-эстетический характер. Полагалось самоочевидным, что космос (от греческого «κόσμος» – порядок, красота, мироздание) устроен идеально, и каждая вещь, каждый человек имеет там свое место и свое предназначение. Даже боги подчиняются неумолимому высшему закону, который раз и навсегда устанавливает судьбу любого существа. Не мыслилось никакой иной справедливости, кроме как поступать соответственно своей космической роли. В надлунном мире так всегда и происходит: все небесные тела двигаются, как казалось, в строгом, хоть и сложном, порядке. На Земле же у людей имеются воля и силы, чтобы переступить пределы справедливого, поэтому человек может поступать так, как ему вздумается. Однако, как не старайся, но высший закон неизменно проявит себя и восстановит в итоге правильное состояние дел. Эта доктрина, возможно, не всегда осознано, но явно присутствует в учениях и Гераклита, и Эмпедокла, и Парменида.

При таком подходе, законы природы не отделяются от законов человеческого общества, ведь понять место людей в

мире возможно лишь постигнув устройство всего космоса. Иными словами, проблема того, что есть «справедливость», что есть «хорошо» и «плохо», являлась для греков вопросом вовсе не из области мнений (как мы в массе своей считаем сегодня), но из области фактов. По сути, в нашей сегодняшней терминологии, это был научный вопрос об устройстве мира, на который, как считалось, имеется вполне конкретный истинный ответ, узнать который можно либо эмпирически, либо рационально, либо же как-то еще. Единого суждения о методе познания у греков не сложилось, но в самой возможности найти ответ никто из них не сомневался.

Платон, как и многие до него, был убежден, что объективное добро существует, а его природа может быть постигнута. По сути, если согласиться с такой установкой, то и в самом деле имеет смысл пренебречь любыми другими научными вопросами, ведь что может являться более важным, чем обеспечить максимальное благо для каждого? Естественно-научные изыскания греков делались в рамках того же самого базового вопроса – что есть благо, как построить справедливое общество.

Для нас не так уж и важно, насколько хорошо Платон обосновал идеальность своего выдуманного государства. Более того, нам непринципиально даже то, что многие мыслители веками считали его доказательства убедительными. Нужно лишь понять, что если бы Платон вовсе не родился на свет, то современные ему интеллектуалы все равно постави-

ли бы перед человечеством ту же самую задачу: как разумом постигнуть высшее Благо. Действительно, раз уж Академия просуществовала почти тысячу лет, значит, взгляды ее основателя были все это время (на самом деле – намного дольше) просто-напросто близки огромному числу людей. Сегодня мы не считаем вопрос о поиске справедливости научным, но долгое время человечество мыслило иначе, и мнение Платона практически не оспаривалось. Потребовалось два тысячелетия, чтобы ситуация изменилась, и европейские мыслители направили свои усилия на другой предмет исследований. Фактически все это время наука просто занималась не своим делом, хотя правильнее будет сказать, что никакой науки, как ее понимают сегодня, не было вовсе. Это, конечно, вопрос терминологии, но его суть необходимо твердо уяснить уже сейчас, дабы осознано двигаться дальше.

Общий синтез всех перечисленных взглядов оказывал преобладающее влияние на западных мыслителей вплоть до XIX века нашей эры (включая Гегеля), а для многих остается догмой даже сегодня. Оставим читателю возможность самому сопоставить платоновские воззрения с теми или иными историческими формациями либо с убеждениями различных (в первую очередь религиозных, но не только) групп людей.

# Чего на самом деле хотел Платон

Если мы теперь вновь напоследок обратимся к идеальному государству Платона, то наверняка заключим, что оно никогда не создаст ни искусства, ни науки, а вся доступная людям мудрость будет состоять в религиозном повторении канонических взглядов своего основателя. За множеством красивых слов и метафор скрывается очень простой вывод: такое государство сможет защитить себя от агрессивных соседей (если они будут невелики), а также обеспечит своих граждан (вероятно, лишь высшие классы) необходимым количеством еды. Предел мечтаний Платона, пережившего невзгоды Пелопонесской войны, вполне понятен, однако реальный мир ставил перед греческим обществом совсем иные задачи.

Как уже говорилось выше, в те времена появлялось немало сочинений, где давались спасительные рецепты социальных преобразований, однако тексты Платона выделялись своей продуманностью и высокохудожественной формой (их просто приятно читать), которая многократно усиливала убедительность логических построений.

Политические идеалы Платона могут показаться нам абсурдными или фантастическими, но многое из них было на практике реализовано в Спарте, а кое-что –

в Египте. Пифагорейцы, хоть и неудачно, пытались осуществить захват власти группой философов. Афиняне в свое время попросили мудреца Солона написать законы для их города, а Протагор проделал то же самое для Фурий. Имея достаточно сподвижников, Платон вполне бы мог попробовать провести политические реформы в какой-нибудь маленькой греческой колонии, однако судьба и амбиции привели его в большой торговый город Сиракузы, ведущий непрерывные войны с Карфагеном и расширяющий свое влияние на огромные территории Южной Италии. Сицилийские тираны были терпеливы и расположены слушать Платона, но все его советы оказывались неуместными либо вовсе вредными, поскольку никак не учитывали реальное состояние дел. Ко времени смерти Платона и вовсе произошло стремительное возвышение Македонии, сделавшее малые государства устаревшими и не имеющими будущего.

Являясь теоретиком и «кабинетным» ученым Платон был далек от действительной политической жизни, не понимал ее и даже не хотел осмысливать, предпочитая пребывать в собственных фантазиях. Тем не менее, именно его позиция (причисляющая философов к лучшим людям государства) оказалась близка новым интеллектуалам, вынужденным жить и работать в условиях деспотичной власти огромных монархий, где не допускался даже намек на какие-либо демократические институты.

Однако же необходимо повторить, что в платоновской

Академии занимались не только идеалистической метафизикой, но изучали также юриспруденцию, а также математику и астрономию, для которой и вовсе приходилось работать и в области естественных наук. Поскольку, по понятным причинам, данное учебное заведение пользовалась большой популярностью в греческих аристократических кругах, то интерес и уважение к геометрии вскоре распространился по всему античному миру.

# Профессиональный философ. Аристотель.

У Платона было немало последователей, но для целей нашей книги критически важно попробовать разобраться (сколь это вообще возможно, ибо споры продолжаются до сих пор) во взглядах его ученика Аристотеля. Прошло две тысячи лет, прежде чем в мире вновь появился сопоставимый по масштабу философ. С момента заката греческой демократии и до наступления нового времени человечество просто не сталкивалось с процессами и явлениями, требующими столь глубокого и разностороннего осмысления. Более того – сам Аристотель тоже жил прошлым, как бы подводя черту подо всем, чего достигли свободные эллины. В период позднего средневековья его авторитет казался столь незыблемым, что какое-либо развитие в области естествознания представлялось просто невозможным, ведь все уже было сказано. Позже, начиная с XVII века, почти любой существенный шаг в направлении развития науки о природе приводил к опровержению какой-либо из аристотелевских доктрин. Причина этого, по сути, в том, что Аристотель просто оказался последним философом демократической Греции, но любой из его предшественников взятый за интеллектуальный эталон (возможно, кроме Демокрита), оказал бы

такое же – если не более сильное – сдерживающее воздействие на западную мысль. В первую очередь само европейское общество в своем развитии слишком долго было не готово к восприятию новых идей, да и не нуждалось в них.

Аристотель родился во фракийском городе Стагире, но являлся чистым греком по крови. Его отец был врачом при македонском царском дворе и с детства привил сыну любовь к медицине и биологии. Повзрослев, Аристотель перебрался в Афины, обучался там риторике, а затем поступил в Академию, где и оставался около двух десятилетий вплоть до самой смерти Платона. После кончины учителя Аристотель отправился путешествовать и провел несколько лет в Малой Азии и на острове Лесбос, где занимался науками и успешно читал лекции знатным людям. Примерно в это же время Филипп II Македонский объединил Элладу и фактически подчинил ее своей власти, а затем предложил Аристотелю стать воспитателем своего наследника Александра. Разумеется, философ принял приглашение, после чего обучал юного царевича до его восшествия на престол, случившегося после смерти Филиппа от рук заговорщиков. Оценить влияние Аристотеля на молодого Александра весьма непросто, но, судя по дальнейшим событиям, в философском плане оно было слабым или вовсе никаким, зато греческая культура настолько пленила македонского царевича, что тот никогда в жизни не расставался с текстом «Илиады».

В период становления Македонской империи Аристотель

вновь переехал в Афины, но не захотел возвращаться в Академию, и начал проводить занятия в арендованном (иноземцам не дозволялось покупать землю в собственность) пригородном гимнасии рядом с храмом Аполлона Ликейского. Основанную там школу стали именовать Ликей (Лицей), а ее учеников, которые часто прогуливались по окрестностям и беседовали с учителем, прозвали «перипатетиками» (от «περι-πατέω» – прохаживаться).

Двенадцать проведенных в Лицее лет стали для Аристотеля временем усердного труда. Он регулярно читал открытые лекции для публики, а также проводил занятия с учениками, где разбирал самые трудные вопросы, кроме того требовалось уделять время гимнастике и спортивным соревнованиям. Для занятий физикой и биологией закупалось множество сложных и дорогих инструментов, кроме того философские исследования требовали наличия огромной библиотеки. Книги и приборы стоили баснословных денег, но тут выручали щедрые подарки от Александра. Именно в Лицее Аристотель написал большинство своих текстов, которые, судя по всему, являются просто конспектами лекций и заметками к ним.

По стилю своих работ Аристотель серьезно отличается от предшественников: он пишет систематично, критично и трезво, без лишней эмоциональности и религиозного рвения. Перед нами не пророк, важно изрекающий высшую истину, а учитель, объясняющий и доказывающий свои слова.

Работа в Лицее была прервана самым нелюбезным образом. После внезапной смерти Александра афиняне восстали против македонского владычества, и Аристотеля, как друга завоевателей, сразу же обвинили в безбожии. Не желая повторять судьбу Сократа, он сбежал вместе со своей семьей и поселился в Халкиде Эвбейской, где и умер спустя год в возрасте шестидесяти двух лет. Сама школа у храма Аполлона Ликейского благополучно продолжила свое существование на попечении учеников.

# Метафизика Аристотеля

В целом, к этому месту книги уже должно быть ясно, что с древности и до относительно недавнего времени мудрость воспринималась как некое единое свойство интеллекта, а потому полагалось, что человек, понявший общие принципы устройства мира, автоматически разобрался уже во всем, в чем действительно необходимо разбираться. В этом смысле Аристотель оказался чуть ли не единственным, кто действительно имел, что сказать почти по любому вопросу. Широта его интересов (а сохранились далеко не все тексты) невероятна: от риторики до метеорологии, от анатомии животных до механики. Тот, кто настолько уверенно рассуждал о столь многом, несомненно, обладал знанием истины. По крайней мере, так казалось.

Обучившись сперва у своего отца (врача, ориентированного на какую-никакую, но практическую науку), а затем – у Платона (мистика и идеалиста), Аристотель разработал метафизику, представляющую собой смесь платонизма со здравым смыслом. Так, против концепции идей был выдвинут целый ряд доводов, среди которых одним из сильнейших является «аргумент третьего человека», суть которого состоит в следующем. Положим, нам необходимо осмыслить то общее, что объединяет всех людей и позволяет нам про каж-

дого из них сказать «человек». Платон, грубо говоря, утверждает, что все люди есть «отражения» идеального человека, который при этом существует сам по себе и поэтому, естественно, имеет нечто общее со всеми остальными обычными людьми. Теперь, продолжает Аристотель, для осознания этой общности между идеей человека с остальными людьми, нам придется постулировать существование некоего более идеального третьего человека, а затем четвертого и так без конца. Таким образом, понятия платоновских идей вовсе не помогают нам постигать вещественные сущности, но, напротив, ничего не дают и уводят в бесконечные абстракции.

Взамен идей Аристотель выдвигает на первый взгляд простую и согласованную теорию. Он отмечает, что в языке есть слова, относящиеся к единственным уникальным вещам («Солнце», «Луна», «небо»), а также – слова, которые применяются ко многим вещам сразу («кошка», «кровать», «белый», «быстрый»). Обозначаемое именем собственным есть «это», оно указывает на саму вещь и называется субстанцией, тогда как прилагательное или название группы объектов есть «такое» и называется универсалией, которая указывает не на саму вещь, но лишь на ее род. Субстанция является тем, что принадлежит самой вещи, а универсалия обозначает общность множества и потому не может существовать сама по себе, но лишь в вещах.

Одновременно с этим постулируется, что те свойства, потеря которых приведет к тому, что какая-либо вещь переста-

нет быть собой, составляют ее сущность. Свойства, не влияющие на сущность (цвет шерсти у кошки, например) являются акциденциями.

Далее. Бытие единичных вещей обуславливается материальной и формальной причиной. Эти привычные нам термины – форма и материя (как и многие другие, что уже встречались) – на самом деле латинские, а не греческие. В оригинальных текстах Аристотель вместо слова «материя» использует «ύλη» (гюлэ), что означает строевой лес. Характерно, что Афины являлись морской державой, однако каменная Аттика всегда была бедна древесиной, поэтому лес завозили из родной для Аристотеля Македонии. Видимо, термин «ύλη» должен был вызывать в умах афинян необходимые аналогии.

Форма («μορφή») отвечает за то, что некоторая часть материи становится конкретной вещью. Например, бронза сама по себе есть материя, но кузнец может взять кусок бронзы, придать ему шаровидность и в результате сделать бронзовый шар. Причем и бронза, и шаровидность уже существовали до того, как человек взялся за работу. Таким образом, по мнению Аристотеля, материя и формы субстанциональны, то есть, в отличие от универсалий, реально существуют. Отсюда делается нетривиальное утверждение, что душа является формой тела, то есть тем, что определяет единство и характерные черты отдельного организма. При этом душа не отождествляется с разумом, который на Земле присущ од-

ним только людям. Неразумная душа формирует растения или животных и умирает вместе с ними, тогда как разумная существует отдельно от тела и живет вечно, являясь частью всеобщего мышления, то есть бога.

Материя сама по себе мыслится как чистая потенциальность (возможность), а потому вещи актуализируются (становятся реальными) приобретая форму. Всякое развитие состоит в том, что после изменения у вещи становится больше формы, чем было ранее. Чистой актуальностью является лишь бог, и поскольку он есть абсолютная форма без материи, то никакие изменения в нем невозможны – он вечен и неподвижен, но является при этом первопричиной всякого движения, мыслью без материи, самой совершенной жизнью и целевой причиной, к которой стремится весь мир. О делах человеческих, да и вообще о чем либо, кроме себя самого, бог Аристотеля не мыслит, ибо это умалило бы его совершенство, а потому невозможно, чтобы он любил людей. Зато люди, как и мир в целом, испытывают любовь к неподвижному совершенству бога, стремление к которому и есть источник всякого движения. Таким образом, вселенная за счет любви постоянно движется в направлении большей степени формы и постепенно уподобляется богу. Однако этот процесс никогда не завершится, поскольку невозможно полностью избавиться от материи, актуализировав ее в чистую форму.

Есть мнение, что метафизика Платона и метафизика Ари-

стотеля отличаются в первую очередь тем, что первый любил геометрию, а второй – биологию. Впрочем, имелись и другие причины для несхожести позиций.

# Социальные и политические воззрения аристотеля

В отличие от учителя, Аристотель не был знатным аристократом, и не имел иных источников доходов, кроме тех, что зарабатывал сам либо получал от покровителей. Как следствие, этические взгляды Аристотеля представляют собой классическую позицию трудолюбивого образованного человека, занимающего уважаемое положение в обществе и зарабатывающего на жизнь интеллектуальным трудом. Его мнения по вопросам морали не являлись ни радикальными, ни консервативными, но, напротив, отражали общепринятую позицию.

Аристотель, как и следовало ожидать, считал свой собственный социальный статус вполне достойным, а вот бедных или чрезмерно богатых людей недолюбливал. Эта более чем обывательская позиция и составляет всю аристотелевскую этику: похожие не него люди – хороши, а сильно отличающиеся в какую-либо сторону – плохи. В соответствии с этим выдвигалось правило, согласно которому добродетель всегда находится посередине между порочными крайностями, когда какого-либо качества человеку недостает, либо же оно проявлено в избытке. Так, мужество находится посередине между трусостью и безрассудством; щедрость – между

скупостью и расточительностью, величавость – между приниженностью и спесью, дружелюбие – между вздорностью и угодничеством. В целом душевные качества индивидуума определяются тем положением, которое он занимает в обществе, ведь только обеспеченный человек имеет время и средства, чтобы получить должное воспитание и вести потом добродетельную жизнь.

Определив добродетели, Аристотель утверждает, что следование им приведет к счастью, которое и является объективным благом. При этом практические добрые дела приносят не такое сильное счастье, как созерцание, поскольку, применяя свой разум, человек становится причастен к деятельности божества. Конечно, нельзя полностью отдаться размышлениям, но, тем не менее, из всех людей наиболее счастливыми оказываются философы. Не нужно, однако забывать, что в те времена философом считался любой состоятельный человек, посвятивший досуг интеллектуальной деятельности.

Но цель Аристотеля – хорошее общество, а не хороший индивидуум, поэтому задача всякого правителя при этом состоит в том, чтобы дать людям такие законы, которые причащают их совершать добрые дела и находить в этом удовольствие. Неудивительно, что из всех форм правления Аристотель более прочих почитает монархию, когда власть принадлежит самому великодушному человеку, а второй по качеству – аристократию, когда власть принадлежит группе луч-

ших людей. Простые же люди, пытающиеся казаться добродетельными, заслуживают в глазах Аристотеля лишь осмеяния, а всеобщее равенство даже среди свободных граждан кажется ему противоестественным. Настоящих благородных людей не может быть много, а потому им следует держаться с гордостью и презирать остальных, ведь справедливость по Аристотелю определяется пропорционально достоинству человека. Низшие (сыновья, жены или подданные) должны любить высших (родителей, мужей или государей) сильнее, чем те любят их в ответ. По отношению к собственности – рабу или ребенку – вообще невозможно совершить несправедливости.

Все эти рассуждения как нельзя лучше подходили почтенным образованным людям, которые веками будут с упоением читать Аристотеля. Впрочем, изложенная выше этическая позиция полностью согласуется с его политическими взглядами.

Платоновская утопия раздражала Аристотеля. Прибывший издалека и многое повидавший он понимал, что греческим полисам уже невозможно вернуться к правлению старой земельной аристократии. С другой стороны, он, кажется, не замечал, что на его глазах в Средиземноморье рождается эпоха крупных империй. Аристотель считал, что, в зависимости от условий региона и обстоятельств, в одной стране оптимальной будет монархическая форма правления, в

другой – аристократическая, а для третьей лучше всего подойдет полития (умеренная конституционная демократия). При этом если основой государства становится не закон, а насилие, то при внешнем сходстве оно вырождается в свою соответствующую уродливую форму: тиранию, олигархию или демократию. Со всеми этими тремя формами необходимо бороться. Главным критерием вырождения является то, что власть начинает покушаться на имущество, права и собственность достойных людей (к которым Аристотель, несомненно, относил и себя).

Хорошие и плохие формы правления отличаются этическими качествами тех, кто находится у власти. Хорошее правительство заботится о благе общества, а плохое – о себе, поэтому олигархи стремятся захватить власть и разбогатеть еще сильнее, тогда как аристократы понимают, что богатство само по себе не есть добродетель, и довольствуются умеренным состоянием. При демократии беднота захватывает власть и начинает пренебрегать интересами состоятельных людей, но с простого люда и спрос небольшой, поэтому демократия все же лучше олигархии. А хуже всего – тирания, когда правитель не считается ни с другими людьми, ни с какими-либо этическими принципами. В итоге Аристотель заключает, что, поскольку в любом случае большинство правлений плохо, то среди них самым лучшим вариантом приходится считать демократию.

Напомним, что в Афинах народное собрание имело пол-

номочия решить любой вопрос, как ему вздумается, не подчиняясь никаким писаным законам. Судей избирали жребием из числа всех граждан, большинство которых не имело никакой юридической подготовки (а часто бывало просто глупо) и легко поддавалось влиянию красноречивого демагога. В таких обстоятельствах ни один человек, которому было, что терять, не чувствовал себя защищенным от произвола толпы. Критиковалась в первую очередь именно такая демократия.

Исходя из своей же метафизики, Аристотель считал, что государство – это высшая форма развития человеческого общества, а потому она значительнее семьи и даже индивида. При отсутствии закона человек есть худшее из животных, и никак не способен выполнять своей истинной функции.

# Рассуждения Аристотеля о труде и о торговле

Поскольку структура греческого государства формировалась из хозяйств, где трудились в основном рабы, то для Аристотеля очень важно определить их статус. Свободный человек, по мнению Аристотеля, сотворен, дабы мыслить и управлять, но никак не для занятий унижающим физическим трудом. Если бы обычные инструменты могли двигаться сами, то и рабство было бы не нужно, однако, плуг или молот не перемещаются без помощи других людей, а потому и рабство неизбежно. Аристотелю казалось очевидным и понятным из наблюдений, что некоторые люди (разумеется, эллины) созданы для свободы, тогда как другие (варвары) рождаются и воспитываются для того, чтобы стать одушевленными орудиями у греков. Всякая физическая работа по найму недостойна эллина, ведь она, по сути, лишает человека свободы.

На всех завоеванных территориях Аристотель предлагал делать греческих колонистов господами, а местное население поголовно обращать в рабство. Остается лишь порадоваться, что Александр Македонский не внял этому совету своего наставника.

Отдельного внимания заслуживают рассуждения Аристотеля о торговле, поскольку они, во-первых, ярко отражают его классовую позицию, а, во-вторых, использовались церковниками до самого конца средневековья, а кое-где встречаются даже сейчас. Постулируется, что любую вещь можно либо употребить по назначению, и это будет правильное использование, либо – обменять, что является неправильным. Башмак носят на ноге, горшок используют для приготовления пищи, а хлеб едят – вот примеры правильного использования вещей. С другой стороны, розничная торговля требует использовать вещи не по назначению – обменивать. Это, говорит Аристотель, противоестественно. Отсюда вытекает, что любой ремесленник, вынужденный продавать свой продукт, занимается, по сути, постыдным неподобающим делом. Единственным правильным путем приобретения богатства является эффективное управление своим хозяйством и землями, тогда как накопление монеты с помощью торговли – это позорный способ нажиться. Ростовщичество, как и всякое взимание процента, также полагалось недопустимым.

Для того чтобы ремесленно-торговый класс не мог набрать силу и выйти из повиновения, рекомендовалось не давать никаких прав тем грекам, которые сами зарабатывают себе на хлеб. Земледелие же и вовсе полагалось уделом одних лишь рабов других рас. При этом гражданские права необходимо давать только тем, кто владеет собственностью и землей в таком количестве, чтобы иметь средства и время

для служения добродетели. При этом размеры государства не должны быть чересчур велики, дабы каждый уважаемый человек знал всех своих сограждан по репутации.

И, разумеется, обычных людей или рабов можно обучать лишь полезным искусствам (в нашем понимании – ремеслам), тогда как настоящее образование (в основном это то, чему учил Аристотель) следует давать только детям граждан. Причем все науки следует постигать умеренно, без избыточности, ведь целью обучения является не практическая польза и ни в коем случае не умение зарабатывать деньги, но только и исключительно – добродетель, которая есть золотая середина между крайностями.

# Как менялся греческий мир. Чего не хотели замечать философы

С точки зрения Аристотеля цель государства – обеспечить достойную жизнь крупных благородных землевладельцев, воспитывая их в духе любви к искусствам и наукам. Таким был цвет (далеко не весь) афинского общества в эпоху золотого века Перикла, однако само возвышение города привело к изменению политической обстановки. Еще до начала Пелопонесской войны простонародье, мастеровые и лавочники, занятые зарабатыванием денег, а не посещением философских кружков, ополчились на друзей Перикла и им подобных. Десятилетиями не утихала борьба. Смерть Сократа несколько умерила пыл демократического фанатизма, но Афины к тому моменту уже навсегда лишились политической власти, сохранив лишь статус культурного центра Греции.

Начался короткий, но кровопролитный и полный драматизма период, когда каждый полис Эллады стремился силой отстоять свою независимость и не допустить усиления соседей. Бесконечные войны стоили огромных денег и чаще всего приносили лишь убытки. Безработное простонародье привычно требовало хлеба, но при этом не желало воевать за свои города и постоянно грозило восстаниями. Те, кто

все-таки желал заработать, собирались в отряды и сражались на любой стороне, которая могла заплатить. А если война не предвиделась, то эти же наемники грабили и разоряли ту местность, где им довелось оказаться. У городов постоянно не хватало средств, чтобы прокормить народ и заплатить войскам.

Основной продукт в Элладе создавался рабами в огромных хозяйствах или крупных мастерских, поэтому именно у их владельцев демократические власти стабильно изымали деньги на государственные нужды – хлеб для демоса и оплату войн с соседями. Неудивительно, поэтому, что все богатые и просто зажиточные люди мечтали о крепкой монархии, которая прекратила бы народный произвол и поборы, гарантировав сохранность имущества и свободу торговли. Многие понимали это и стремились реализовать политические перемены в Средиземноморье. Таков афинский военачальник Аквиад, спартанский флотоводец Лисандр, персидский принц Кир Младший, сицилийский тиран Дионисий Старший. Было лишь вопросом времени, чтобы Греция объединилась под властью какого-либо могущественного человека.

Филипп Македонский идеально подходил на такую роль – он опирался на преданную лично ему армию, которую содержал на разумно собираемые налоги. Долгое время его страна считалась варварским захолустьем, на севере греческого мира, а потому ее миновали потрясения и кризисы, раздиравшие Элладу. Сила оружия позволяла Филиппу обеспечить

условия, дабы каждый предприимчивый человек мог успешно вести свои дела и пополнять податями царскую казну. Богатые греки с радостью и облегчением продали македонцам и свою родину, и своих менее состоятельных сограждан, получив взамен стабильность и единое экономическое пространство. Когда спустя несколько лет заговорщики убили Филиппа, его сын Александр, имея за плечами ресурсы уже всей Греции, сумел ненадолго подчинить своей власти огромные территории, однако для того времени ноша оказалась непосильной. После внезапной смерти Александра его полководцы разделили доставшуюся им империю между собой.

Отныне Средиземноморье состояло из нескольких больших держав, правители которых имели почти божественный статус. Новые экономические условия вознесли и возвысили как Египет Птолемеев, государство Селевкидов (объединяющих современную Сирию, Финикию, Палестину, Междуречье и ряд сопредельных земель), Македонию Антигонидов, Понтийское царство Митридата, так и Сиракузское царство и североафриканский Карфаген, которые не входили в империю Александра. Торговля и ремесла процветали. Во всех этих странах среди элиты преобладали греческий язык и культура (лишь карфагеняне говорили по-финикийски, хотя и чтити греческую культуру), отчего наступивший исторический период называют эллинизмом.

Греческий мир перестал быть совокупностью малых независимых полисов и выплеснулся на огромную территорию,

а в его философию начали проникать воззрения вавилонян, сирийцев, персов, финикийцев, египтян и других народов. Эллинистические владыки управляли огромными землями, населенными самыми разными народами, поэтому, дабы контролировать свою державу, каждый монарх назначал приближенных и наместников из числа наиболее ловких и способных, но одновременно надежных и верных людей. Национальность же в этом вопросе больше не играла никакой роли, ведь всякие предрассудки могли только помешать деловой жизни государства.

Теперь людей начали делить в первую очередь на подлых и добродетельных, которых, как оказалось, немало и среди варваров. Любой, зажиточный человек, усвоивший эллинские обычаи, становился греком: главное тут было выучить язык и правильно одеваться. Но никаких препятствий не чинилось и людям других культур, если они прибывали по торговым делам, для получения образования либо осмотра достопримечательностей.

Конечно, старая жизнь менялась не сразу. Македонские, а затем и египетские цари неоднократно издавали декреты, подтверждающие независимость старых греческих полисов. Благодарные эллины в ответ восторженно соглашались признать своих «освободителей» богами, а также впустить в город царские гарнизоны и царских же чиновников. Рабовладельческая демократия отжила свой век и не могла больше поддерживать себя и сопротивляться переменам. Впрочем,

монархи пока еще не вмешивались во внутреннюю политику регионов, оставляя ее на попечении местных властей, иногда вполне демократических. Всё, что требовали эллинистические цари – это лояльность, общественный порядок и поддержание благоприятных условий для коммерции.

Совсем скоро наступят иные времена, и греков, как людей второго сорта, будут целыми городами продавать в рабство за неуплату долгов римским откупщикам и ростовщикам. Луций Корнелий Сулла при осаде Афин вырубит на строительство осадных машин рощи Академии и Лицея. Даже самостоятельная раздача хлеба голодающим или организация пожарной дружины станут невозможны без особого разрешения от Рима. Но пока еще могло показаться, что старая жизнь продолжается.

Нельзя сказать, что все монархи наступившей эпохи были безрассудными и жестокими деспотами, ведь многие из них искренне увлекались науками и искусством, а другие просто отдавали дань моде и общему увлечению античным наследием. При царских дворах функционировали специальные дома мудрости, где поэты и ученые жили и работали на полном государственном обеспечении. Но сама искра свободной греческой мысли угасла навсегда, и на то были свои причины.

В независимом полисе каждый гражданин, так или иначе, участвовал в политической жизни, но теперь отстаивать свои

права стало практически бессмысленно, ведь место каждого человека определяли царские чиновники, а всех несогласных жестоко карали. Люди в массе своей старались теперь прожить тихую незаметную жизнь, надеясь не привлекать к себе излишнего внимания. Между тем войны шли почти непрерывно, а правители часто менялись в постоянной борьбе за трон. Периоды стабильности чередовались с годами бедствий и хаоса. Из-за всего этого мировоззрение греков (и других жителей эллинистического мира) серьезно изменилось: вместо мудрости они начали искать способ счастливо жить в таком мире, где у них не имелось сил что-либо изменить. Высшей истиной стали воля монарха и официальная религиозная доктрина, обожествляющая правителя. Люди оставили размышления о вселенной или об общественных делах и обратились внутрь себя. Гении рождались также часто, как и раньше, но теперь они боялись высказывать новые оригинальные мысли, ведь их могли признать опасными либо вредными. У философов не имелось даже теоретической возможности защитить себя от произвола властей. Если же какому-то ученому и давалась относительная свобода для работы, он не мог быть уверенным, что вскоре его покровителя не убьют заговорщики. От интеллектуала требовалось в первую очередь умение быть угодливым и неопасным для всех. Мастерство придворной интриги и этикета стало столь же важным для философа, как знание логики или геометрии. Вскоре и христианство возьмет на вооружение подобные

взгляды. В лишенном политических надежд обществе энергичный и порядочный человек не мог направить свои силы на совершение добрых поступков, а потому оставалось лишь заняться собой. Как блестяще заметил Бертран Рассел, христианская святость, это единственное, чего могут достигнуть люди, беспомощные в практическом отношении.

Относительно безопасными областями для интеллектуальной деятельности оставались лишь некоторые абстрактные области математики, астрономия, теоретическая механика, а также этические рассуждения о том, как простой человек может стать счастливым, не нарушая закона. Философия превратилась в набор правил для жизни.

Не нужно, однако же, думать, будто проблема устройства вселенной полностью перестала волновать людей. И Стоицизм, и эпикурейство – две наиболее влиятельные философские школы, учившие о достойной и счастливой жизни – немало внимания уделяли вопросам познания мира. Другое дело, что сами эти вопросы уже окончательно отошли на второй план, безоговорочно уступив первенство проблемам этики. Недаром в быту стойками называют тех, кто твердо и мужественно переносит любые невзгоды, а эпикурейцами – любителей приятно провести время. О логической системе стоиков и атомистических воззрениях эпикурейцев помнят мало.

Тем не менее, именно в ту эпоху чистая теоретическая наука, получив финансовую поддержку от могущественных

правителей, достигла столь удивительных результатов, что повторить их человечество смогло лишь спустя полтора тысячелетия.

# ГЛАВА СЕДЬМАЯ. ВСЕ ЛЮДИ СМЕРТНЫ

## Технические достижения греков

Первые механизмы появились в глубокой древности. Колесо известно ещё с неолита. Немного позже стали применяться рычаг, клин и наклонная плоскость. Такие простые приспособления позволили осуществить масштабное строительство в государствах Плодородного полумесяца и в Египте. Так, например, возведение пирамиды Хеопса высотой почти 150 метров завершилось приблизительно в 2540 году до нашей эры. Работа продолжалась около двадцати лет, в течение которых с частотой раз в несколько минут подвозились и устанавливались известняковые и гранитные блоки средней массой 2,5 тонны (самый тяжелый весит целых 35 тонн). Разумеется, строительные материалы требовалось предварительно добыть в каменоломнях и обработать.

Храмы, дворцы, погребальные комплексы и ирригационные сооружения древности поражают воображение, и говорят о достаточно высоком мастерстве их создателей. Однако нам не известны египетские или вавилонские тексты, где

описывались бы свойства подъемных устройств или иных строительных приспособлений. Вероятно, какие-то представления об элементарных физических принципах существовали уже тогда, но едва ли было четко сформулировано хотя бы правило рычага. Механика заключалась в применении накопленного опыта, и была далека от теоретических построений.

В то же время обработка результатов астрономических наблюдений уже находилась на достаточно высоком уровне. Так, в Древнем Вавилоне были составлены подробные и точные таблицы движения Солнца, Луны и планет. Во многом жрецы делали это из религиозных и астрологических соображений, но для крупных централизованных обществ было также крайне важно иметь точный календарь и грамотно планировать сельскохозяйственные циклы. Греческая астрономия очень многое позаимствовала напрямую у вавилонян.

В самой Элладе, как мы помним, интеллектуальному расцвету предшествовал экономический подъем, который не мог происходить без интенсивного развития технических средств. Одной из главнейших отраслей промышленности в классической Греции была добыча и обработка металлов: серебра, железа меди и золота. Так, в афинских Лаврийских рудниках трудились десятки тысяч рабов, которые ежегодно выплавляли несколько тысяч тонн свинца и десять тонн серебра. Рабоали сперва бронзовыми, а затем качественными железными инструментами: использовались клинья, молот,

кайло и лопата. В древности вели открытую разработку, но постепенно начали вырубать невысокие штольни, а позже – глубокие колодцы. Освещали шахты глиняными светильниками, а о вентиляции не заботились вовсе. Руду на поверхность часто выносили вручную, но использовались также деревянные ворота и бабьи на веревках. Выплавку металла производили в специальных печах, которые наполнялись рудой, дровами и специальными способствующими процессу минералами (флюсом).

Также в V-IV веках до нашей эры греки совершенствуют свои сельскохозяйственные орудия: теперь часто используются бороны, молотильные доски, катки и другие инструменты. Вводится трехполье: просо-овощи-пшеница. Из малой Азии заимствуются и совершенствуются мельницы, огромные жернова которых приводились в движение мускульной силой рабов или скота.

Существенный прогресс наблюдался и в керамике. Греческие мастера освоили ножной гончарный круг, что позволяло изготавливать изделия невероятного качества и красоты. Для раскрашивания применялся специально изобретенный лак, отличавшийся невероятным блеском.

Одновременно с этим практически в каждой области возникает и развивается сильное разделение труда. Каждый ремесленник занимается лишь небольшой частью общего дела, что позволяло довести навыки до совершенства и превосходно выполнять свою часть работы. Таким способом из-

готовили мебель и шили обувь, обрабатывали металлы и готовили пищу. Результат неизменно оказывался хорош – на греческие товары всегда имелся спрос.

При этом большие мастерские в Греции возникали редко: считалось, что несколько десятков рабочих – это уже очень крупное предприятие. Богатые люди предпочитали не рисковать и вкладывать средства одновременно в несколько мелких производств, в торговлю, в недвижимость, а также давать деньги в рост. Как следствие, практически везде в Элладе что-либо изготавливалось или обрабатывалось.

Впрочем, разнообразные сложные механизмы (даже уже известные грекам) внедрялись в производство крайне медленно, либо же не использовались вовсе. Причиной тут выступало в первую очередь рабовладение и проистекающее из него презрение свободных эллинов к грубому физическому труду. Естественно, что эффективность примитивных технических устройств была чрезвычайно низкой, поэтому хозяину мастерской оказывалось проще и дешевле купить новых рабов, чем облегчать труд старых с помощью сложной и дорогой конструкции. Более того, есть все основания считать, что если бы древние греки отказались от рабовладения и сделали ставку на массовое внедрение сложной техники, то никакого экономического расцвета у них бы не случилось – слишком несовершенной была еще техника, и ее чрезмерное использование принесло бы лишь разорение.

Единственными областями, где технические новшества ре-

гулярно появлялись и приветствовались, были военное и морское дело. Форма и оснащение кораблей постоянно совершенствовалась и улучшалась, триера постепенно вытеснила более примитивные типы военных судов. Также к концу классической эпохи всё большую роль начинают играть различные стенобитные и метательные орудия.

В целом же можно заключить, что у греков поначалу не было особой необходимости и желания научно осмыслить свою техническую деятельность. Расцвет рабовладения и вообще низвел любой физический труд до уровня призраемого занятия. Лишь высококвалифицированные ремесленники и хозяева мастерских пользовались некоторым авторитетом и политическим влиянием, но хоть в их искусстве зачастую и требовались практические знания арифметики, геометрии, механики, и химии, для этого вполне хватало тех основ, что можно было заимствовать на Востоке.

# Мнение греков о самих себе

Интересно, что сами греки оценивали свои достижения весьма скромно. Во времена поздней античности считалось, будто Пифагор специально ездил обучаться к египтянам, персам, финикийцам, вавилонянам, фракийцам, индусам и даже к галльским друидам. Рассказы о таких путешествиях неизменно интерпретировались как свидетельство того, что существенную часть своих знаний греческий мудрец перенял у восточных соседей. Современникам казалось удивительным то, что множество интеллектуальных и культурных новшеств появилось в Элладе столь быстро и будто бы из ниоткуда, поэтому заимствование казалось простым и понятным объяснением. Однако все наши знания о культурах древнего Востока позволяют утверждать – греки не могли перенять науку и философию у других народов, поскольку в VI веке до нашей эры ничего подобного нигде в мире попросту не существовало. Безусловно, некоторые конкретные заимствования знаний имели место, но едва ли греки могли взять у египтян доказательства геометрических теорем, ведь египтяне не доказывали теоремы.

При этом в разное время греки брали на Востоке стили живописи и скульптуры, алфавит, чеканку монет, мифологические мотивы и ремесленные либо технические навыки.

Нужно, тем не менее, понимать, что в первую очередь от одного народа к другому передается как раз то, что приносит непосредственную материальную пользу (инструменты, оружие, сельскохозяйственные новшества, предметы обихода) или то, что легко воспринимается большим количеством людей (легенды, обряды). Неудивительно поэтому, что уже в IV веке до нашей эры греки знали вавилонские названия планет, а вот методы расчета их движения начали использовать лишь двести лет спустя. Многие эллины интересовались астрологией и мистическими ритуалами, а вот обучиться сложным методам математических расчетов хотели и могли лишь единицы.

Оказавшись в уникальных исторических обстоятельствах и являясь одним из наиболее творческих народов, греки были при этом довольно низкого мнения о собственных возможностях и почти не понимали причин и механизмов своей интеллектуальной активности. Новые мысли самостоятельно прорастали на греческой почве из крохотных восточных семян, однако в Элладе упорно искали и вавилонский египетский след своих достижений. Такую позицию разделял уже Геродот, который, что характерно, сам был родом с Востока. Аристотель авторитетно (и ошибочно) объявлял Египет родиной теоретической математики: предполагалось, будто Фалес и Пифагор заимствовали там геометрию, которая возникла из необходимости заново разделять землю на участки после каждого разлива Нила.

Несомненно, в Египте, как и Вавилоне, действительно было развито искусство землемерия, а также навыки практических вычислений. Но все они представляли собой набор рецептов – как нужно действовать, дабы получить требуемый результат. Об обосновании и объяснении самого рецепта не шло даже и речи – это сугубо греческая постановка проблемы, которая, по сути, и является началом науки. Однако в V веке до нашей эры эллинов накрыла такая мощная и стремительная волна социальных изменений, что они просто не успевали осмыслить причины происходящего. Человечество до сих пор не до конца этому научилось, а в рассматриваемую эпоху только-только появилось само понятие истории. Проще всего было назначить (или выдумать) гениального полумифического первооткрывателя, либо же указать источник новшества – соседнюю страну с невероятно древней и развитой культурой (о которой греки почти ничего не знали), откуда гипотетически можно было заимствовать всё что угодно. Такое объяснение казалось вполне разумным. Следует также помнить, что аристократические представления той эпохи однозначно трактовали всё старинное, как наилучшее. Искать истоки собственных достижений в глубине египетской истории было столь же естественно для греков, как для первых ученых нового времени искать подтверждение своих теорий у античных мыслителей.

С наступлением эллинизма, когда повсеместно происходило смешение греческих и восточных культур, авторы исто-

рических текстов стали «отправлять» в образовательные путешествия практически всех философов, включая тех, кто, как было хорошо известно по источникам прошлых веков, вообще никуда не ездил. Особо почитаемым мыслителям – таким, как Пифагор, – приписывали посещения чуть ли не всех известных стран и земель. Греки завоевали Восток оружием, но сами оказались завоеваны его колоссальным культурным наследием и неисчислимым богатством.

# Логико-дедуктивный метод

Но что же именно появилось в греческой культуре, чего ранее не имелось у других? Ответить совсем непросто: можно назвать конкретных философов и перечислить их идеи, но сложно указать то новое, что подняло эллинов на новый уровень. Очевидно, что греки сформировали свой особый взгляд на мир, но был ли это взгляд научным? Многие специалисты аргументированно полагают, что наука (в том смысле, как мы ее сегодня понимаем) появилась лишь в XVI-XVII веках. Разумеется, никто не отрицает того несомненного факта, что во всех отраслях – будь то физика, математика, астрономия, медицина либо биология – мыслители Нового времени отталкивались от достижений античности: там черпали новые идеи, искали подтверждения своим догадкам, либо же яростно спорили с написанным. Важно, при этом, понимать, что греческие знания, вновь открытые европейцами, попали в совершенно другой мир. Изменилось всё: техника и экономика, социальные отношения и культура, обычаи и традиции, политическая карта и размеры известного мира. Часто говорят, что античное наследие было переосмыслено, однако эта формулировка представляется неточной. Европа XVI века при всем желании физически не могла воспринять греческие тексты в том смысле, как они

были написаны. Попытка интеллектуалов Возрождения вернуться к истинной чистоте античной мысли привела к окончательному отходу от нее. Древние греки и европейцы Нового времени просто-напросто решали разные задачи, хоть и использовали для этого во многом схожий инструментарий. В античности люди занимались во многом тем же, чем и современные ученые, но делали при этом нечто совсем иное, и можно сказать, что это вовсе не являлось научной деятельностью. Эллины искали истину в дедукции. Они спорили.

Появление главнейшего метода научного познания – гипотетико-дедуктивного – датируется VI веком до нашей эры, когда ионийские математики и астрономы начинают приобретать знания, выдвигая гипотезы и конструируя логические доказательства. Прежние восточные культуры не знали подобных мыслительных инструментов, а вышедшие из тьмы средневековья европейцы добавили в этом смысле не так уж и много, однако у античности получилась философия, а у Нового времени – современная наука.

Греков любят упрекать в пренебрежении экспериментом и наблюдениями, но эти обвинения не очень-то соответствуют действительности. Достаточно открыть любой философский текст, чтобы убедиться – почти каждая мысль подкрепляется тем или иным фактом, почерпнутым из окружающего мира или человеческих отношений. Более того, хотя главные науки античности – математика и астрономия – были в

первую очередь теоретическими дисциплинами (правда наблюдений хватало и там), но в механике, оптике, медицине, биологии и истории факты и эксперимент, безусловно, являлись главным аргументом в споре. Спекулятивность античного мышления проистекает в первую очередь из метафизических философских сочинений, которые стали в итоге прочно ассоциироваться с эпохой. Но когда Платон говорит о методах познания истины – это не более чем частное мнение человека, который не так много сделал именно в научном плане. До сих пор нет единого мнения, как соединить взгляды Аристотеля, изложенные им в «Метафизике» или книгах «Органона», с его же естественнонаучными сочинениями, где описано множество проделанных автором опытов. Весьма вероятно, что никаких единых взглядов там нет вовсе.

Важнейшим отличием античности от Европы Нового времени является то место, которое занимали интеллектуалы в социуме. Греческие мыслители работали без связи с практическими потребностями общества, лишь объясняя факты и явления в удобном ключе. Средневековые университеты (в период своего расцвета) и академии Нового времени, напротив, возникли из утилитарных потребностей городов и государств при их переходе от феодальной структуры к капитализму. Само по себе рабовладельческое общество вовсе не нуждалось в научных результатах – геометрия Евклида, астрономия Птолемея и механика Архимеда явно не были ос-

новами мировоззрения античности, да и не могли им стать. Впрочем, научность вовсе не являлась основой мировоззрения не только у Кардано или Парацельса, но даже у Кеплера и Ньютона, которые творили на стыке астрологии, алхимии, герметизма и магии. Люди всегда искали ответы на те вопросы, которые сами себе задавали, и до определенного времени ответы в массе своей просто не требовали научного подхода.

Таким образом, можно сказать, что способ отыскания правильного ответа обнаружили еще греки, а вот задавать правильные (с точки зрения современной науки) вопросы люди начали лишь в Новое время (и учатся это делать до сих пор). Иными словами, потребовалось примерно две тысячи лет, чтобы человечество смогло понять, на какие конкретно вопросы вообще можно ответить научным методом, а на какие – нет. Другое дело, что появление инструмента прежде возникновения решаемой с его помощью задачи, кажется удивительным фактом и требует отдельного рассмотрения.

# Истоки появления логики

Рассуждая о возникновении логического доказательства, обычно называют три возможных области его зарождения: судебное красноречие, философию и математику. Причем все три этих источника имеют в своей основе социальные особенности древнегреческого общества.

Не вызывает сомнений, что демократические изменения, преобразования правовой системы, необходимость для каждого самостоятельно выступать в суде и выполнять государственные обязанности – всё это способствовало развитию и повсеместному внедрению доказательной аргументации. Однако, когда речь идет о кровных интересах, люди редко полагаются исключительно на дедуктивные рассуждения. Мы помним, что софисты весьма успешно обучали всевозможным риторическим уловкам и обманным способам выиграть любой спор. Хотя наверняка большинство греков пытались справиться собственными силами. Известно, что обвиняемые нередко приводили с собой плачущих жену и детей, дабы смягчить сердца судей. Очевидно, это хотя бы иногда срабатывало. Нередко случалось и так, что один и тот же человек писал одинаково убедительные речи и для истца, и для ответчика, поэтому трудно утверждать, что именно в судебной практике греки ставили логику превыше всего.

Философы определенно сильнее старались придерживаться точности логических построений. Поэма Парменида и труды его ученика Зенона считаются первыми образцами дедуктивного доказательства. Судя по всему, именно Парменид первым применил логические построения для обоснования своих идей. Была ли данная попытка эллейцев успешной? Нет, не была. Ни Пармениду, ни Зенону, ни любому другому философу, который опирался бы лишь на дедуктивные рассуждения, в сущности ничего не удалось доказать. Вся подобные интеллектуальные конструкции – просто неубедительная попытка подражать неопровержимости математических выводов. Точно так же, как и в примере с судебной практикой, всегда находился какой-нибудь другой философ, столь же убедительно доказывающий противоположные тезисы.

Понять, откуда эллейцы взяли идею «математизации» своих рассуждений, несложно. Известно, что Парменид был близок к пифагорейской среде, которая восприняла идею дедуктивного доказательства от своего основателя, на родине которого (в ионийской Малой Азии) подобный метод рассуждений уже вовсю использовался для доказательства геометрических теорем.

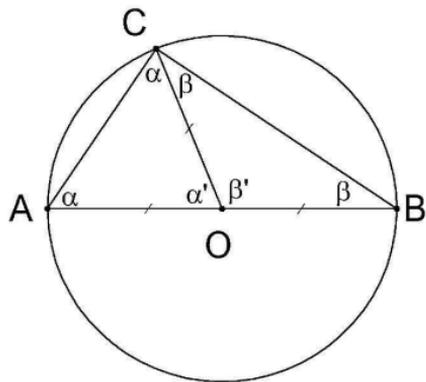
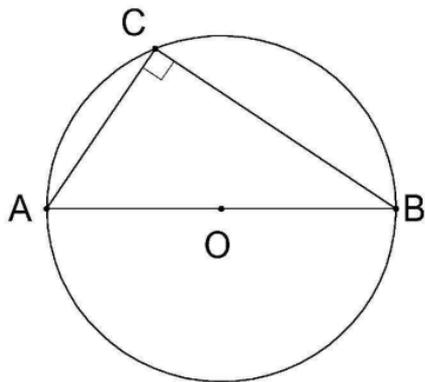
Фалес первым стал устанавливать математические истины не только с помощью наглядных чертежей, как это ранее делали на востоке, но и путем строгих рассуждений. Даже тогда, когда было достаточно просто перегнуть чертеж или

вырезать и наложить части фигур друг на друга, Фалес предпочитал действовать иначе и доказывал даже то, что в принципе не вызывало особых сомнений.

# Пример логического доказательства. Теорема Фалеса

Хорошим примером дедуктивного рассуждения может служить следующая теорема, которую, вероятно, первым доказал именно Фалес (а сделал это на радостях принес в жертву быка).

Пусть  $AB$  есть диаметр окружности. Выберем на окружности произвольную точку  $C$  так, чтобы она не совпадала с  $A$  или  $B$ . Получившийся треугольник  $ABC$  всегда будет прямоугольным, то есть угол при вершине  $C$  всегда равен  $90^\circ$ .



Данное свойство окружности вовсе не кажется очевидным, хотя доказать его совсем несложно: достаточно лишь соединить точку  $C$  с центром окружности  $O$ . Легко видеть, что  $OA = OB = OC$ , ведь эти три отрезка являются ради-

усами одной и той же окружности. Отсюда мы заключаем, что треугольники АОС и ВОС являются равнобедренными, а значит в этих треугольниках углы, противолежащие равным сторонам, равны между собой. Для удобства обозначим равные углы в треугольнике АОС буквой  $\alpha$ , а равные углы в треугольнике ВОС обозначим буквой  $\beta$ . Поскольку сумма углов любого треугольника равна  $180^\circ$ , то мы можем записать два следующих равенства

$$2\alpha + \alpha' = 180^\circ; 2\beta + \beta' = 180^\circ.$$

Но, поскольку угол АОВ является развернутым, то

$$\alpha' + \beta' = 180^\circ$$

Сложив два первых равенства и отняв из них третье, мы легко получаем

$$2\alpha + 2\beta = 180^\circ.$$

Отсюда мы заключаем, что  $\alpha + \beta = 90^\circ$ , но это и есть величина того самого угла, который мы ищем. Теорема доказана!

# Практическая польза логики

Итак, дедуктивное доказательство зародилось, скорее всего, в самой математике, но при этом такой вид рассуждений не является чем-то необходимым для работы с числами или фигурами. В самом деле, на Востоке профессиональные счетоводы и землемеры ничего подобного не знали. Но Греция оказалась в уникальных исторических условиях, когда богатые и влиятельные люди, такие как Фалес или Пифагор, могли заработать себе престиж и дополнительное уважение (а также материальные блага), продемонстрировав окружающим свою мудрость. В Египте и Вавилоне жрец или землемер являлись представителями своего класса, и их социальный статус был четко определен – особые природные дарования могли несколько поспособствовать карьере, но не более того. В Греции же умный и деловой человек мог добиться очень многого.

Отныне стало возможно не просто стать обладателем полезного знания, но сформулировать неопровержимую истину, причем такую, что любой скептик мог сам внимательно проверить доказательство и убедиться в его верности. Вся греческая геометрия являет собой постепенное утверждение дедуктивного метода. Его эффективность в деле получения новых математических фактов оказалась столь высока, что

философы не смогли устоять перед искушением и распространили дедукцию на все области знания. Сильнее прочих на этом поприще отличился Аристотель.

# Формальная логика

Период расцвета средневековых университетов знаменовал триумф аристотелизма как величайшей философской системы. Наступление эпохи Возрождения подорвало позиции Аристотеля-метафизика, но его авторитет в области логики оставался непререкаемым. Даже сегодня многие полагают, что по этому вопросу уже сказано более чем достаточно: ведь не просто же так Аристотеля часто называют «отцом логики». Тут, впрочем, нужно сделать ряд разъяснений.

Начать следует с того, что у Аристотеля нет труда с названием «Логика», такое слово было неизвестно философу, поскольку появилось лишь в эллинистическо-римские времена. Сам Аристотель использовал термин «аналитика» – расчленение суждений. Причем основы этой аналитики (категории) являются по сути своей описанием греческой грамматики, то есть перенесением в область метафизики лингвистической конвенции древнегреческого языка. Во-вторых, по мысли самого Аристотеля, его аналитика не входит в какую-либо содержательную часть знания, но является орудием (органом) – средством получения истинных суждений, то есть онтологическим инструментом. Иными словами, Аристотель учил тому, как надобно думать, чтобы получить достоверные знания, не прибегая к опыту, поскольку

ку лишь логико-дедуктивные заключения неопровержимы. И такой взгляд на проблему господствовал в европейской мысли очень долго. Формальная логика – система правил для преобразования высказываний безотносительно содержания, но исходящая лишь из их формы – считалась лучшим инструментом получения новых истин.

Обычный читатель, не имеющий специального образования, чаще всего недостаточно тонко понимает, почему формальная логика называется «формальной». Большинство встречающихся примеров вполне понятны в бытовом смысле, либо же наоборот – сугубо абстрактны и не вызывают дополнительных вопросов. Поэтому чаще всего не удается прочувствовать тот факт, что для формальной логики важно лишь то, как именно мы рассуждаем, но совсем неважно – о чем. Приведенный ниже пример должен, как представляется, все-таки внести ясность:

*Известно: только красные шарики могут летать.*

*Вопрос: могут ли синие шарики летать?*

На первый взгляд ответ кажется очевидным – нет, не могут. Однако с точки зрения формальной логики отвечать на поставленный вопрос нужно так: «Синие шарики могут летать, если они красные». В самом деле, в приведенном тексте нигде не говорится о том, что «быть красным» и «быть си-

ним» – это взаимоисключающие свойства. Конечно, все мы знаем, что в реальном мире красный шарик не может быть одновременно еще и синим (будем считать, что варианты «в полоску» или «в крапинку» являются отдельным видом расцветки), однако эта информация является дополнительной к указанным условиям. С точки зрения формы высказывания совсем неважно, о каком свойстве предмета идет речь – о цвете, о размере, о гладкости поверхности и т.п. Если что-то не было указано явно, то этим нельзя оперировать, иначе можно допустить ошибку.

Пожалуй, ни у кого не возникнет возражений в правильности чуть измененного умозаключения:

*Известно: только красные шарики могут летать.*

*Вопрос: могут ли большие шарики летать?*

*Ответ: большие шарики могут летать, если они красные.*

Разумеется, в более сложных рассуждениях придерживаться такой строгости очень трудно, и это постоянно порождает ошибки и заблуждения.

# Силлогизмы

В так называемый «Органон» Аристотеля входят его работы «Категории», «Об истолковании», «Первая аналитика», «Вторая аналитика», «Топика» и «Софистические опровержения», которые были написаны отдельно и объединены воедино спустя несколько веков после создания.

Важнейшее место во всех этих работах занимает «Первая аналитика», где изложено учение о силлогизме – доказательстве из трех частей: двух посылок и одного заключения. Существует несколько модусов (форм), самым известным из которых является следующий:

*Все люди смертны (первая посылка).*

*Сократ – человек (вторая посылка).*

*Следовательно: Сократ смертен (заключение).*

Конечно, смертность Сократа представляется достаточно очевидной, однако не всегда всё оказывается так просто. Для примера рассмотрим следующие две посылки, предложенные Льюисом Кэрроллом:

*Все философы логичны.*

*Нелогичный человек всегда упрям.*

В данном случае сделать правильный вывод уже не так просто, а формулируется он следующим образом: *«Некоторые упрямые люди не являются философами»*. Не самое внятное и полезное знание, но ничего другого из указанных условий заключить нельзя.

В общем случае, когда есть только одна посылка, из не можно сделать сразу несколько выводов. Так условие «все люди смертны» позволяет утверждать, что каждый конкретный человек смертен, а также то, что любое бессмертное существо не является человеком. При этом совсем неважно, существуют ли вообще люди или бессмертные существа, ведь от их отсутствия точность наших умозаключений не пострадает. Аристотель и его последователи полагали, что, выражая любое доказательство в форме силлогизма, можно избежать ошибок в рассуждениях. С точки зрения абстрактных высказываний это, пожалуй, справедливо, но для рассуждений о реальном мире такое мнение уязвимо для критики сразу по нескольким направлениям.

Рассмотрим два уже знакомых нам утверждения «Сократ – человек» и «все философы логичны». Первое четко определяет, кем является Сократ. А вот второе имеет смысл только в том случае, если философы действительно существуют. В данном случае это подразумевается, но прямо об этом не говорится, однако без такого пояснения многие силлогизмы оказываются необоснованными. Сравним для примера два

Однотипных силлогизма:

*Все греки – люди.*

*Все греки – философы.*

*Следовательно: некоторые люди являются философами.*

и

*Все волшебные скалы – это горы.*

*Все волшебные скалы состоят из золота.*

*Следовательно: некоторые горы состоят из золота.*

Оба эти силлогизма построены по абсолютно одинаковому принципу, но, если первый вроде бы не вызывает подозрений, то второй попросту ложен (золотых гор не существует), хотя обе его посылки истинны. Нет противоречия в том, чтобы волшебная скала состояла из золота, равно как ничто не мешает волшебной скале быть горой. Просто волшебных скал не бывает. Последователи Аристотеля слишком часто использовали подобные формально верные, но при этом чисто гипотетические основания для своих логических построений, допуская множество ошибок в метафизике и теории познания.

Теперь разберем два других утверждения «Сократ смертен» и «все люди смертны». О смерти Сократа мы знаем из вполне надежных свидетельств, опирающихся на слова оче-

видцев. Но в любом случае – наличие мертвого тела является абсолютно надежным доказательством смертности конкретного человека. Это просто-напросто факт. Однако в плане смертности всех людей дело обстоит иначе. Конечно, об этом тоже можно прочесть в уважаемых и авторитетных источниках, но все мы понимаем, что считаем людей смертными на основании индукции. Бессмертие вовсе не кажется логически противоречивым, просто никто не встречал людей, чей возраст достоверно превышал, скажем, 150 лет, поэтому мы заключаем, что, судя по всему, человеку все же не свойственно жить чересчур долго. Однако это всего лишь вероятностное индуктивное знание, и оно не станет абсолютно точным, пока в мире существуют живые люди – вдруг хоть кто-нибудь, да окажется бессмертным.

Кроме уже сказанного, ценность самого силлогизма, как инструмента познания, невероятно переоценена. Например, в математике, которая целиком основана на дедукции, силлогизмы практически не встречаются, а записывать с их помощью математические доказательства было бы нелепо и неудобно. Даже первоклассник сможет легко ответить, сколько сдачи дадут со 100 рублей, если товар стоит 65 рублей, но представить решение в форме силлогизма сможет, пожалуй, лишь подготовленный специалист. А в результате все равно получится абсурдное, громоздкое и бесполезное построение, которое едва ли хоть кто-нибудь сможет осмыслить. На деле силлогизм не имеет никаких преимуществ пе-

ред другими способами дедуктивного рассуждения.

Самое важное же заключается в том, что греки – а вслед за ними и прочие западные мыслители, – придавали дедукции чересчур большое значение, считая ее основным источником знания. Платон в принципе не признавал иных, нежели мышление, способов установить истину. Аристотель, отдадим ему должное, уделил некоторое внимание тому, как следует получать исходные посылки, и во «Второй аналитике» уточнил, что начала познаются либо интеллектуальной интуицией, либо путем индукции (но лишь отчасти). К сожалению, последователи Аристотеля не были столь щепетильны и аккуратны по отношению к «мелочам» и уделяли силлогизму куда больше внимания, чем самим посылкам. В реальной жизни, однако, дедукция не так полезна, как считали греки. Если исключить логику и математику, то все научные дисциплины получают свои важнейшие выводы в первую очередь с помощью индукции, обобщая результаты опыта. Конечно, она обладает меньшей убедительностью, чем дедукция, но зато способна давать по-настоящему новое знание. Единственным исключением тут, пожалуй, является юриспруденция, которая первоначально исходит из не подлежащего сомнению текста (свода законов).

# Ограничения логики как инструмента

То, что логика не является идеальным инструментом, было понятно с самого начала. Уже в VII веке до нашей эры критянин Эпименид сформулировал всем известный парадокс, заявив, что *все критяне лжецы*. Если мы полагаем данное утверждение истинным, то Эпеминид нам солгал, то есть утверждение не является истинным, что приводит к противоречию. Напротив, если считать утверждение ложным, то оно соответствует истине, что опять же является противоречием.

Аристотель предлагал весьма пространное разрешение этой проблемы, ссылаясь на то, что лжецы вполне могут быть иногда в чем-то правдивы. Однако если сформулировать парадокс в самом общем виде: «*Я сейчас лгу*», то предложенное объяснение оказывается бессильным. Сохранились даже сведения (возможно, конечно, недостоверные), будто двое греческих мыслителей умерли от истощения (либо покончили с собой), тщетно пытаясь найти окончательную разгадку данной задачи.

Несомненно, вклад Аристотеля в логику и теорию познания огромен и свидетельствует о большом даровании автора, но, увы, теория силлогизма появилась в самом конце творческого этапа греческой мысли и попала в общество, где уже

не приветствовалась оригинальность интеллекта. Будущие поколения приняли положения Аристотеля за неоспоримые истины, вышколили и довели до совершенства, сковав тем самым западное мышление на два долгих тысячелетия. Отныне стало возможно рассуждать либо в мистическо-метафорическом стиле, как Платон, либо в строго силлогистическом, как Аристотель. Когда в Европе вновь появилось оригинальное мышление, ему пришлось вести тяжелейшую борьбу с цепями аристотелевской логики, дабы произвести по-настоящему свежее знание.

Но не только Аристотель их установил рамки для развития знания – не менее сильное влияние оказали исторические события.

# ГЛАВА ВОСЬМАЯ. АРХИМЕД ПРОТИВ РИМА

## Мир после Александра Македонского

Ученик Аристотеля Александр Македонский за время своего короткого правления (он внезапно умер в 323 году до нашей эры в возрасте 32 лет) полностью преобразовал существующее мироустройство. Почти все известные и даже часть неизвестных земель оказалась завоевана одним человеком. Разумеется, это не было чудом или случайностью – стагнирующая Эллада всеми силами стремилась под власть сильного правителя, дабы сменить свободу и хаос на подчинение и порядок. Когда это произошло, соседние империи и царства не смогли ничего противопоставить внезапно возникшей объединенной греческой мощи. Древний мир сложился, как карточный домик, тем более что большинству населения было абсолютно без разницы, какому именно деспоту подчиняться. Везде, куда приходил Александр, он основывал новые греческие города и вводил греческие государственные институты, поощряя смешение эллинских и варварских культур. Новые поселения заселялись в основном

колонистами мужчинами, которым ничего иного не оставалось, кроме как брать себе в жены местных девушек. Так варвары переняли кое-что из греческой культуры, а любознательные эллины ознакомились с наукой и религией Вавилона и Египта, приобщившись также ко многим восточным суевериям. Западная цивилизация распространилась на огромную территорию, но в очень ослабленном и разбавленном виде. Причем влияние было взаимно сильным. Поскольку Восток признавал лишь власть божественных царей (что, вероятно, было единственным работающим вариантом для огромных сельскохозяйственных обществ), то отныне это станет нормой для всех крупных государств Средиземноморья.

После смерти Александра сохранить его империю в целости не удалось, да это и не было возможно, поскольку ее части хоть и были связаны торговлей, но все же являлись хозяйственно полностью самостоятельными. Началась гражданская война, малолетних сыновей Александра устранили, и его полководцы поделили доставшиеся им земли между собой: один захватил азиатскую часть, второй – европейскую, а третий – африканскую.

Антигонидам, получившим Европу, было не сложно поддерживать там греческие традиции, но Птолеми в Египте и Селевкиды в Азии отказались от попыток полностью эллинизировать местное население, ограничившись в основном городами, где греческая культура поддерживалась чи-

новниками и армией. При этом относительно спокойную и стабильную власть удалось установить лишь на берегах Нила, в то время как остальные земли сотрясали династические и гражданские войны. Вместо подчинения и порядка возник деспотизм и хаос, который через века смогут усмирить лишь римляне. Греческий язык, впрочем, будет и дальше оставаться языком культуры и литературы вплоть до темных веков и триумфального шествия ислама.

В эпоху эллинизма, если у человека имелись деньги, но отсутствовала жажда власти, он мог при везении прожить вполне счастливую и комфортную жизнь. Многие так и поступали, хотя у еще большего числа людей не было почти никаких средств. Однако даже богатый человек в любой момент мог стать жертвой вражеской армии, дворцового переворота, мародеров, бунтовщиков или произвола всесильного тирана. Никто не чувствовал себя в безопасности, но, что еще хуже, никто не знал, что в такой ситуации можно предпринять. У простого народа и вовсе не оставалось никакой надежды на защиту – демократическое самоуправление если где и сохранилось, то лишь в старых греческих городах, да и там контролировалось македонскими гарнизонами. Могущественные цари, начиная с Александра, последовательно защищали интересы и права богачей. В условиях развитого рабовладения оплата труда свободных людей сделалась столь низкой, что единственным способом по-настоящему

заработать стала карьера наемника-авантюриста, стремящегося пограбить во время удачной войны или выгодного мятежа. Немногие желающие обрести стабильность просто уходили в себя в поисках внутреннего умиротворения, пытаясь логическими аргументами оправдать собственное бессилие.

Люди все больше поклонялись Фортуне, понимая, что любые усилия бесполезны против воли случая. Причем, особую роль тут играли восточные веяния. Греки оказались очарованы Вавилоном, древностью (во многом преувеличенной) его культуры и глубиной мудрости, особенно же – математическими и астрономическими знаниями. Поскольку вавилоняне умели с большой точностью предсказывать затмения, то у эллинов не возникло сомнений в том, что все восточные знания о небе и природе истинны. К сожалению, большую часть этих знаний составляли магия и астрология, которые захватили эллинистический ум, словно эпидемия. Каждый хотел узнать свое будущее у звезд, поскольку иного способа получить уверенность в завтрашнем дне не существовало. Могилы и надгробия покрываются астрологическими знаками и символами. Даже философы не остались в стороне от новых веяний и, судя по всему, относились к гаданиям вполне серьезно.

Греческий ум создал новый мир, но оказался бессилён решить возникшие при этом политические и социальные проблемы. Римляне были невежественны и грубы, но зато они принесли с собой стабильность и закон, тогда как навя-

занный некомпетентными македонцами беспорядок оказался совершенно невыносимым.

Разумеется, три столетия эллинизма вовсе не являлись исключительно чередой нескончаемого хаоса и войн. Под управлением греческой и македонской элиты практически повсеместно происходил экономический подъем: росли и развивались старые города и порты, во множестве строились новые, расширялись и укреплялись торговые связи, налаживался постоянный обмен товарами с Индией. Эллинистические правители набирались опыта и старательно обеспечивали централизацию и стабильность крупного хозяйствования, что позволяло эффективно эксплуатировать местное население, собирать в царскую казну ренту с земли, а также налоги с коммерческой деятельности и государственных монополий.

Торговые суда относительно свободно и безопасно ходили по всему Средиземному и Черному морям, хотя кое-где, несмотря на старания властей, все же процветало пиратство. Объем товарооборота той эпохи практически не поддается исчислению: из разных земель и городов во множестве везли зерно, скот, рабов, металлы и лес, соленую рыбу, шерсть, оливковое масло, вино, мед и воск, инструменты, утварь и предметы роскоши.

Для перевозки хлеба использовали как малые суда, так и огромные многомачтовые корабли грузоподъемностью в

несколько тысяч тон. Богачи могли отправиться в морской круиз на гигантском «лайнере», каюты которого были выложены цветными мозаиками, а на палубе располагались библиотека, гимнастический зал, храм, сад для прогулок и термы. Фактически ради всего этого и возник эллинизм. Многие влиятельные и состоятельные люди добровольно жертвовали свободой ради сильной царской власти, способной усмирить народ и прекратить войны между полисами. Ожидалось, что это принесет пользу для коммерции – именно так и получилось. Чего никто не мог предвидеть, так это того, что эллинистические державы начнут вести между собой бесконечные войны за передел земель ради приобретения наиболее выгодных экономических позиций. Каждый хотел урвать себе еще один кусочек пирога, причем сам пирог получился столь большим, что всегда находились пираты, мародёры или разбойники, желающие отщипнуть немного и для себя.

Общее смятение длинной в несколько столетий, а также неуверенность в завтрашнем дне привели к интеллектуальной стагнации и разрушению морали. Не было причин придерживаться каких-либо убеждений, ведь они не давали дополнительных шансов на успех. Экономных грабили, добродетельных обманывали, предприимчивых и предусмотрительных сметали копья вражеской армии. Относительно уверено чувствовали себя лишь авантюристы и ловкие приспособленцы. Для большинства же цель жизни стала заключать-

ся не в стремлении достичь успеха и конкретного блага, но в желании избежать несчастья.

И хотя именно в этот исторический период эллины проделали наиболее выдающуюся часть своей работы в области естественных наук и математики, но глубокая и проработанная метафизика отступила на второй план, уступив место школам эпикурейской, стоической и скептической философии. После III века до нашей эры греческая мысль не произведет ничего по-настоящему нового вплоть до неоплатонизма III века нашей эры, но к этому моменту римский мир уже будет готов принять христианство.

# **Философия эллинизма. Скептицизм. Эпикурейство. Стоицизм**

Во времена Аристотеля и ранее греческие мыслители не ощущали себя политически бессильными и, чаще всего, не пытались уйти от суетного мира. Совсем наоборот: даже такие мистики как Пифагор и Платон использовали свое влияние и интеллект, дабы преобразовать общество согласно собственным желанием и воззрениям. Философ мог принадлежать к проигравшей партии и даже поплатиться жизнью, но это всегда случалось в результате предшествующей борьбы. Когда власть перешла к македонским династиям, а свободные полисы утратили свою независимость, греческие философы (напомним, что чаще всего это были просто наиболее интеллектуально одаренные представители различных социальных классов) оказались отстранены от власти. Осознавая собственное бессилие, они перестали спрашивать, как им построить хорошее государство (теперь – никак!) и начали искать способы жить счастливо в мире порока и страданий. Конечно же, подобные вопросы задавались всегда, но теперь эта проблема стала по сути основной. Эллинистические философы еще не могли не мыслить, но их идеи уже не предполагали какой-либо практической пользы. Западая мысль становилась все более скептической и индивидуалистической,

готова общество к тому, чтобы постепенно принять за идеал концепцию личного спасения.

Скептицизм по отношению к чувствам, логике и морали не являлся чем-то новым для греческого мира, однако ранее не существовало единой доктрины, объединяющей подобные взгляды в общую систему. Основателем античного скептицизма выпало стать Пиррону из Элиды, художнику и философу-атомисту, который вместе с армией Александра дошел до Индии, где приобщился к мудрости магов и аскетичных йогов. Пиррон доказывал, что раз уж мы не можем достоверно установить качества вещей, то следует воздерживаться от суждений по их поводу. Заявлялось (видимо, вслед за Демокритом), что всё является не в большей степени одним, чем другим, а поэтому различия являются просто произвольными человеческими обычаями. Для мудреца правильным будет ничего не утверждать и не отрицать, но хранить безмятежность по отношению к происходящему. Поступать же следует в соответствии с обычаями того места, где живешь, ведь нет оснований считать иное поведение более правильным.

Скептицизм появился очень вовремя, ведь в обществе уже наступило разочарование в старых философских школах, каждая из которых самодовольно претендовала на истину, но на деле предлагала лишь частное мнение. Теперь оказалось, что невежда столь же мудр, как и заслуженные

мыслители, ведь для радикального сомнения не требовалось много ума. Это привлекало людей. Конечно, скептицизм не давал никакого нового знания, но зато отлично подходил в качестве средства от тревог. Нет смысла волноваться о будущем, если о нем невозможно хоть что-либо сказать, тем более что негативная оценка событий – это лишь одна из множества точек зрения. А если даже и случится какая-то неприятность, то никогда нельзя быть уверенным в том, что она и в самом деле происходит. Во всяком событии следует сомневаться. Лучшим поведением в любой ситуации является апатичная отрешенность.

В рамках дедуктивной логики (а никакой другой греки не знали) возражать тут было очень трудно. В самом деле, дедукция должна в своем основании исходить из каких-либо самоочевидных принципов, но скептики всегда могли подвергнуть такие принципы сомнению. Получалось, что любые доказательства несостоятельны, поскольку представляют собой либо порочный круг, либо бесконечную цепь рассуждений. Такая концепция в корне подрывала все известные на тот момент философские системы.

Влияние скептицизма оказалось столь велико, что его дух проникнул даже в Академию. Почти двести лет последователи Платона не выдвигали никаких положений, но вместо этого обучали тому, как опровергнуть любой тезис, и тому, как можно с равной убедительностью отстаивать противоположные суждения. Естественно, что вместо новых талантливых

философов такое образование могло взрастить лишь ловких и безразличных к истине демагогов, которые затем хорошо устраивались на различных административных должностях, дабы нажить себе состояние. Впрочем, в некоторых отношениях взгляды скептиков были вполне конструктивными: так, руководители Академии вели непримиримую борьбу с религиозными суевериями, а также с увлечениями астрологией и магией, ставшими настоящим бичом эллинистического общества. Хотя причиной этой борьбы был все тот же принцип неуверенности в любой системе, а вовсе не рационализм.

У скептицизма вполне хватило сил, посеять сомнения в состоятельности политических, интеллектуальных и религиозных взглядов эпохи, однако он не предлагал ничего взамен. Общество же нуждалось в новой спасительной доктрине, которая могла бы успокоить и сплотить людей в бушующем беспокойном мире. Не сумев ответить на аргументы скептиков, старый мир просто отвернулся от них, обратив свой взор в сторону других учителей – стоицизма и эпикуреизма. Обе эти философские школы возникли приблизительно в одно и то же время, в Афинах, а их основатели, Зенон и Эпикур, почти наверняка были знакомы.

Эпикур родился в небогатой семье, много скитался и долго не мог найти себе места в жизни. В молодости он обучался у последователей Платона и Демокрита, а также приобщился к пирроновскому скептицизму. Политические перипетии

и военная служба вынудили Эпикура неоднократно перебираться из одного города в другой, но в итоге он приобрел себе дом и сад в Афинах, где начал собирать учеников. В общине эпикурейцев привечали каждого, включая женщин, детей и рабов. Эпикур никогда не вел себя важно и высокомерно, а напротив – старался поддерживать в своем саду теплую и дружественную атмосферу. Мучаясь всю жизнь от различных недугов, он научился переносить боль с удивительной стойкостью. Острое физическое страдание, говорил Эпикур, обычно не длится долго, а длительное редко бывает острым, поэтому его можно вытерпеть с помощью силы воли и умения думать о приятных вещах. Эта позиция вполне характеризует всю систему эпикурейства.

Философия для Эпикура, это система взглядов, позволяющая жить счастливо. Единственный помощник тут – здравый смысл, а специальная сложная подготовка в области логики или математики вовсе не требуется. Постулируется, что благо – это наслаждение, и далее всё выводится из данного принципа. Ум получает удовольствие, ощущая радости тела, а добродетель вовсе не имеет смысла, если она не является благоразумным способом получить удовольствие. Самое важное – научиться избегать страха и пребывать в состоянии равновесия, когда нет никаких страданий и волнений. Отсюда вытекает, что нужно стремиться к тихим радостям, а не страстному удовольствию. В самом деле, если ежедневно выпивать небольшую порцию вина, можно всегда находиться в

приподнятом настроении, а вот обильные возлияния обязательно повлекут за собой мучительное похмелье. Таким образом, мудрец будет в первую очередь избегать боли (что уже есть наслаждение само по себе), а не стремиться к получению какой-либо особой радости.

Жажда власти, славы или наживы нехороши, поскольку заставляют человека метаться и волноваться, предпринимать опасные и рискованные действия, тогда как можно было бы просто оставаться в состоянии спокойного умиротворения. Всякую форму общественной жизни, любую политическую деятельность Эпикур считал вредной, ведь они вызывают волнения и пополняют число врагов. Истинная мудрость заключается в том, чтобы оставаться незаметным. Неудивительно поэтому, что жизнь самих эпикурейцев была проста и скромна, а пища состояла в основном из хлеба и воды, с прибавкой сыра по праздникам, что считалось вполне приемлемым. Тем более что община во многом существовала на добровольные пожертвования.

Разумеется, полая любовь, как одно из самых страстных наслаждений, попадала под запрет. Брак также считался лишним поступком. При этом сам Эпикур очень любил детей и поддерживал с ними сердечную дружбу, очевидно, надеясь в глубине души, что не все последуют его совету о безбрачии. И в самом деле, римский поэт Лукреций, придерживающийся эпикурейских взглядов, не видел проблемы в том, чтобы спать с женщинами, если это не сопровождается

страстью.

Нужно быть сытым, немного выпивать для хорошего настроения, наслаждаться компанией хороших друзей и размышлять о прекрасном. Одновременно следует не допускать несварений и похмелья, риска и страстей, всяких обязательств и опасностей, связанных с политикой или созданием семьи. Такая мораль многим современникам казалась свинской, однако Эпикур всегда был искренен и высоко ценил своих друзей независимо от того, что мог от них получить. В целом его поступки были совсем не такими эгоистичными, как им же проповедуемое учение. Мы видим болезненного человека, желающего отгородиться в своем саду от остального мира.

Но если эгоизм являлся спасением от невзгод этого мира, то для преодоления страха перед потусторонними силами Эпикуру потребовалось совсем иное средство. Различные верования убеждали людей, что мертвые несчастны, а вероятность сверхъестественного вмешательства вселяла ужас в каждого. Требовалась метафизика, которая помогла бы избавиться от всяческих суеверий, и здесь как нельзя лучше подошли материализм и убежденность в том, что лишь чувства дают нам знания об окружающих вещах. Эпикур взял у Демокрита учение о том, что мир состоит из отдельных частиц, но не смог, да и не захотел, в полной мере перенять всю математическую и физическую глубину атомизма. Эпикур лишь отвергнул концепцию законов природы, которую

греки понимали еще во многом религиозно, а вместо этого ввел для каждого атома нечто вроде свободной воли, позволяющей ему иногда отклоняться от прямого пути. В остальном отличий от Демокрита было немного.

Душа полагалась также созданной из атомов и распадающейся после смерти, откуда следовало, что никакого загробного существования просто не может быть. При этом Эпикур соглашался верить в богов, но полагал их абсолютными гедонистами, которые не утруждают себя делами смертных и ведут полную блаженства безмятежную жизнь.

Наука интересовала Эпикура не как инструмент поиска истины, а лишь как инструмент борьбы с суевериями. Не так важно, как именно объяснять фазы Луны, лишь бы для этого не требовалось привлекать высшие силы. Искать же по-настоящему верное объяснение вовсе необязательно, поскольку это потребует лишних волнений и едва ли принесет спокойствие и счастье. Несложно понять, что эпикурейцы, как единственные последовательные материалисты эллинистического мира, никак не поспособствовали развитию естествознания. Оставаясь ограниченными догматиками, они не смогли стать серьезным барьером против растущей приверженности язычников к астрологии, всякого толка магии и прорицаниям.

Тем не менее, страх смерти столь сильно укоренен в человеческом естестве, что на большинство людей не могли подействовать никакие атомистические аргументы. Лишь сре-

ди свободомыслящих образованных греков и римлян, и то далеко не всех, взгляды Эпикура оказались достаточно распространены. Лукреций, живший в одно время с Юлием Цезарем, придал им стройную поэтическую форму в своей поэме «О природе вещей», однако наступивший вскоре закат Республики привел к существенным изменениям в убеждениях людей, отчего эта поэма вскоре оказалась непопулярной. Лишь один ее манускрипт чудом пережил средние века, чтобы в эпоху Возрождения получить признание философов и дать мощнейший толчок к развитию материализма. Но пока, во времена после Августа, призыв Эпикура чаще всего отвергался в пользу стоицизма.

Возникший одновременно с эпикурейством (в начале III века до нашей эры) стоицизм отличался меньшим постоянством доктрины, и потому – оказался популярнее. Основатель этого учения Зенон Китийский придерживался материалистических взглядов, но с течением веков его последователи постепенно отходили в сторону платонизма, так что ко времени императора-стойка Марка Аврелия (вторая половина II века нашей эры) влияние материализма почти не ощущалось.

Зато почти не изменилась этическая сторона стоицизма, более того постепенно именно она стала восприниматься как основа всего учения. Главным моральным (и почти божественным) авторитетом стоицизма являлся Сократ, его

жизнь и привычки: приверженность простоте, спокойное поведение во время суда, отказ от бегства – все это провозглашалось идеалом, к которому следует стремиться каждому. Однако наличие грека в качестве центральной фигуры учения вовсе не делало стоицизм греческим учением.

С самого начала большинство стоиков было сирийцами, а позднее – римлянами. Сам Зенон родился на Кипре, но был финикийцем, а в Афины попал по деловым и торговым вопросам. Оказавшись там, он захотел изучить греческую философию, более всего увлекшись школой киников, но добавив к их учению всего понемногу, не стесняясь прямых заимствований, особенно у Академии. При этом Зенон и его последователи не углублялись в излишние философские тонкости: наибольшее значение придавалось добродетели, а остальные знания имели смысл лишь только, если способствовали ей. Изощренной метафизике других школ противопоставлялся здравый смысл, убежденность в существовании реального мира, а также уверенность, что наши органы чувств дают нам верную информацию. Для большинства обычных людей это звучало вполне убедительно.

Можно сказать, что для эллинизации варваров пришлось выкинуть из греческой культуры все сложное и лишнее, сконструировав неглубокую и эмоционально узкую философию, содержащую элементы религиозного учения, в котором так нуждалось раздираемое нестабильностью Средиземноморье. Многие наследники Александра считали себя стои-

ками, а во времена Римской империи стоицизм надолго стал фактически религией для простого народа.

Центральной доктриной школы стоиков была уверенность в том, что случайности не существует, а все события строго определены законами природы. Всё возникло из огня и когда-нибудь вновь сгинет в космическом пожаре, после которого цикл творения повторится снова и снова. Всякое явление в этом процессе до мельчайших подробностей запланировано и предопределено благим Законодателем для достижения высших целей естественным образом. Каждая вещь является частью единой Природы, а Бог есть душа мира и в каждом из нас содержится частичка его божественного огня. Жизни людей, как несложно заключить, хороши только в том случае, если они находятся в гармонии с Природой. Конечно же, ни один из нас не сможет действовать против ее законов, но истинная гармония достижима лишь тогда, когда воля человека следует высшим целям.

Единственным значимым благом стоики объявили добродетель, поскольку она полностью заключена в личной воле человека, а, значит, зависит лишь от него самого. Можно быть больным, бедным, рабом или даже сидеть в темнице, но при этом оставаться добродетельным и пребывать в гармонии с Природой. Мудрый человек всегда абсолютно свободен, ведь его не интересуют мирские желания, и он всегда остается хозяином своей судьбы во всем, что действительно важно – в возможности поступать правильно. При этом да-

же не требовалось действительно совершать что-либо благое или полезное. Вполне достаточно было в каждой конкретной ситуации просто вести себя сообразно тому, как это якобы делал условный Сократ.

Отдельно отметим также, что Зенон, судя по всему, верил в астрологию и прорицания, ведь это весьма хорошо сочеталось с позицией полного детерминизма и нравилось народу. То, что люди часто использовали предсказания, дабы изменить свое будущее, не казалось стоикам логическим противоречием.

Последователи Зенона начали перестраивать свои доктрины, уходя от материализма. Так, например, тезис, что добро не может существовать без зла, поскольку они являются собой необходимые противоположности и заключены одно в другом, обосновывали вовсе не отсылкой к Гераклиту, но с помощью авторитета Платона. Также укрепляется мнение, что после смерти до очередного Великого Пожара сохранятся только души мудрецов. Одновременно с этим все больше делался упор на формальную логику: стоики активно развивали теорию силлогизмов и изучали грамматику. Разрабатывалась теория познания, базирующаяся на восприятии мира органами чувств. Одновременно утверждалось, что существуют некоторые базовые единые для всех людей самоочевидные принципы, на которых возможно построить безошибочные дедуктивные рассуждения обо всем на свете, подобно тому, как это сделано в учебнике геометрии. Хотя вся эта

работа и велась в первую очередь для аргументированного обоснования добродетели, но все же немало стоиков внесло заметный вклад в различные науки – математику, астрономию, логику, грамматику, историю, юриспруденцию.

Если охарактеризовать концепцию стоицизма в нескольких словах, то получится примерно следующее – поскольку невозможно быть счастливыми, то давайте хотя бы поступать хорошо и получать удовольствие от этого. Несомненно, это достойная и даже полезная доктрина, но она явно не совсем искренна и призывает более к терпению, чем к созиданию. Мир нельзя сделать лучше, но возможно оставаться порядочным человеком даже среди невзгод и тягостей.

Век Эпикура и Зенона знаменовался угасанием греческого мира, но в это же время римляне железной рукой уже начинали выковывать новый порядок там, где его не сумели установить македонцы. При этом греческая цивилизация почти не затронула сельскохозяйственные районы Средиземноморья, да и в городах пролетариат и массы рабов испытывали крайнюю нужду и жили в ужасных условиях. Экономика эллинистических царств была плоха, но с точки зрения среднего обывателя Рим несильно ее улучшил. Простые люди продолжили жить в страхе, страдая от эпидемий, войн, бунтов, неурожая и произвола властей. Постоянно требовались всё более убедительные и сильные слова, дабы утешить несчастных и страждущих. Философы нашли спасение

в неоплатонизме, а простой народ – в различных восточных суевериях, обещающих всевозможные блага и радости в другой, загробной жизни.

# Интеллектуалы в эпоху эллинизма

В условиях эллинизма изменился сам характер интеллектуальной работы. Жители свободных греческих полисов считали, что одаренный человек может проявить себя множеством способов и быть одновременно воином, политиком, врачом, учителем и философом. В III веке до нашей эры такому положению дел наступил конец. Старые города цеплялись за остатки самоуправления, но в целом вся власть принадлежала македонским армиям и возглавляющим их царям или авантюристам. Греков теперь нанимали в качестве административных и технических экспертов, которым дозволялось трудиться лишь в пределах отведенной области. Наступила эпоха специализации. Еще оставались те, кто занимался многим, но не стало тех, кто занимался бы всем сразу.

При этом отказ от желания построить единую концепцию, описывающую сразу всё, нельзя назвать шагом назад. Время для «теории всего» еще не наступило, а любые античные попытки ее создания были, мягко говоря, неудачными. Можно сказать, что мыслители просто занялись тем, что реально могли изучать. Более того, поскольку интеллектуалы эллинизма уже не обладали привилегированным социальным статусом, то они с меньшим презрением, чем их предшественники, относиться к прикладному использова-

нию своих знаний. Хоть предрассудок, противопоставляющий ἐπιστήμη и τέχνη (*scientia* и *ars* в латинском варианте) и не исчез до конца, но все же ученые постепенно век от века переставали считать изобретательство и создание технических приспособлений чем-то совершенно недостойным. Конечно, речь еще не шла о систематическом подтверждении теорий с помощью эксперимента, но удачное практическое применение науки теперь могло принести немалую выгоду и благосклонность могущественных покровителей.

Как следствие, большинство созданных учеными устройств служили для развлекательных целей либо театральных представлений. В реальном производстве чаще всего оказывалось проще купить дополнительных рабов, чем приобрести и наладить работу сложного приспособления. Но был и ряд исключений. Так, например, достаточно активно использовались крупногабаритные механические пилы для камня и дерева, а также мельницы и кузнечные молоты с водяным приводом. Кроме того, большое внимание всегда уделялось созданию катапульти и других военных машин, улучшению конструкции судов, строительству крепостей и портовой инфраструктуры, рытью каналов и устройству плотин. Немалой популярностью пользовались также солнечные и водяные часы, а также различные астрономические устройства.

Что касается отсутствия у эллинизма оригинальных философских концепций, то это не должно создавать обман-

чивых впечатлений, будто античная мысль увяла и ослабла вместе с походами Александра. Это не совсем так. Просто вместо общих и пространных рассуждений обо всем на свете люди занялись, наконец, собственно наукой. Разумеется, в том смысле, как сами это понимали.

# Александрийский Музей

Самые блестящие успехи эллинистической науки оказались связаны с египетской столицей Александрией. Расположенная в дельте Нила, она была чрезвычайно удобным морским портом, через который проходило огромное множество людей и товаров. Александрия быстро стала крупнейшим городом греческого мира, а позже уступала размерами и богатством лишь Риму. Коммерческие связи Египта простирались по всему Средиземному, Аравийскому и Красному морю вплоть до Индии, что привлекало в столицу выходцев из множества культур, которые привозили не только товары, но и новые знания.

По сравнению с другими частями македонских владений Египет мене прочих подвергался войнам и волнениям, а его правители Птолемеи не жалели средств на покровительство мудрецам и поэтам. До времен падения Рима александрийские математики и астрономы не знали себе равных: именно там работали Евклид, Эратосфен, Герон, Клавдий Птолемей (никак не связанный с царствующей династией), а также многие другие ученые, которые ничуть не уступали талантами своим греческим предшественникам.

Если Афины продолжали прочно удерживать статус культурного центра Греции, где по-прежнему блистали фило-

софские и гуманитарные школы, то сицилийский астроном и математики Фидий едва ли колебался, решая, куда отправить на обучение своего талантливому сына Архимеда – конечно же, в Александрию. Подобная поездка, несомненно, была связана с колоссальными расходами, однако делу тут помогло то, что Гиерон, родственник Фидия, сумел добиться почти неограниченной власти в Сиракузах и потому имел возможность оказывать щедрую помощь своим близким.

Люди, у которых хотел набраться мудрости Архимед, работали под сенью Александрийского Музея (Мусейона) – специального государственного учреждения, где на полном обеспечении жили приглашенные царем знаменитые ученые, получающие всё необходимое непосредственно из государственной казны. Юридически это было оформлено как религиозное (жреческое) сообщество при храме Муз (грекам не составило труда отождествить своих богов с египетскими). Членам этого своеобразного коллектива жрецов предоставлялось не только достойное жилье и прекрасная еда, но также и средства на инструменты, эксперименты или экспедиции. Научная и литературная работа фактически являлась обрядом поклонения музам. Первым руководителем Музея стал выпускник Ликея по имени Деметрий Фалерский, примечательный кроме прочего еще и тем, что десять лет правил Афинами от имени македонского царя.

Изначально Птолемей I задумывал Музей, как место для изучения литературы и языков, что вполне логично для свя-

тилица муз. Однако после восшествия на престол Птолемея II, воспитателем которого являлся будущий глава Ликейя Стратон из Лампсака по прозвищу «Физик», муза астрономии Урания засияла в Александрии ярче своих сестер. Множество ученых занялись изучением отдельных явлений из области математики, оптики, гидростатики, музыки, медицины, географии и, конечно же, астрономии, хотя знатоки литературы и лингвисты также продолжили свои изыскания.

Врачи, инженеры, историки, поэты и музыканты не только повышали престиж государства, но и напрямую обслуживали потребности двора в развлечениях и научной экспертиза, а также отвечали за воспитание наследников. Конечно же, исследовательская работа не могла вестись без книг, а потому при Музее была собрана лучшая библиотека во всем Средиземноморье. Компетентные специалисты занимались покупкой, обменом и переписыванием всех доступных греческих текстов, которые тщательно выправлялись, исследовались и комментировались. Даже поэмы Гомера подвергались серьезной литературной критике (во второй по значимости библиотеке эллинистического мира – Пергамской – за подобную дерзость могли казнить). Александрийские ученые смело выдвигали новые идеи в медицине, физике и астрономии, но все же расцвет наук являлся односторонним.

Вместе с классической эпохой завершилась и активная борьба социальных групп, использующих науку для обоснования собственных притязаний, а потому вынужденных раз-

вивать и защищать свою точку зрения в условиях самой смелой и жесткой критики. Теперь же вся интеллектуальная деятельность перешла под покровительство царей, и свободомыслие оказалось недопустимым. Атомистам и эпикурейцам путь в Александрию был заказан. Все приглашенные в Музей ученые строго придерживались взглядов платоновской академии либо же учения стоицизма, причем даже последние никогда не касались материалистических вопросов. Если кто-либо все же брал какие-то отдельные тезисы Демокрита, то всегда делал это без упоминания источника и старался всячески приспособить их к позициям идеалистической философии.

Несомненно, в Александрийской библиотеке должны были иметься все или почти все сочинения Демокрита, но, похоже, что их никто не читал. В самом деле, открытые атомистами приемы интегрирования были совершенно неизвестны математикам Музея, и даже Архимед обучился им уже после возвращения на Сицилию. При этом едва ли какие-то тексты прятались или запрещались, ведь в этом не было никакой нужды: специально отобранные ученые образовывали вполне конкретную интеллектуальную среду, которая не воспринимала «неудобные» идеи, но зато всегда стремилась угодить чаяниям своих покровителей.

Некоторых особо выдающихся философов Птолемеи приглашали лично, но что касается остальных, то они зачастую добивались покровительства, сочиняя напыщенные вирши,

прославляющие правителей Египта. Те, кому улыбалась удача обратить на себя внимание, перебирались в Музей и продолжали изливать неприкрытую лесть, сравнивая царскую семью с олимпийскими богами. Создаваемые в итоге стихи были стилистически безупречными, изысканными и наполненными множеством аллюзий, однако всю александрийскую поэзию нельзя назвать иначе, чем вырождающейся. Мы не встретим там даже попытки затронуть острые политические либо социальные вопросы. Основной литературный спор в Музее шёл о том, в какой форме лучше всего славословить царю – писать в его честь длинные эпические поэмы или же сочинять небольшие яркие вещицы.

Существенно лучше обстояли дела с астрономией, математикой и механикой, которые были важны для военного дела, логистики, торговли и мореходства. Здесь достижения александрийских ученых оказались весьма значительными, однако даже эти науки не могли существовать вне удушающей атмосферы раболепства и дворцовых интриг. Так, например, когда Птолемей III Эвергет отправился в военный поход, его прекрасная супруга Вероника пожертвовала свои роскошные волосы в храм Артемиды, дабы богиня защитила египетского царя в битве с сирийцами. Невредимый Эвергет действительно вернулся с победой, но волосы царицы каким-то таинственным образом исчезли из храма. Чтобы избежать скандала и жестокого наказания жрец-астроном Конон объявил, что богиня приняла жертву и теперь волосы

Вероники находятся на небесах в виде недавно открытого им нового созвездия. Придворный поэт Каллимах сразу же написал стихотворение, воспевающее это удивительное событие.

# Борьба Карфагена и Рима за Сицилию

Завоевания Александра не коснулись западной части Средиземноморья, поэтому к началу III века до нашей эры наибольшее влияние там имели два могущественных города-государства: финикийский Карфаген и греческие Сиракузы. Оба они вели непрерывную борьбу друг с другом до тех пор, пока в дело не захотел вмешаться Рим.

В это время Сиракузами правил родственник Архимеда Гиерон, сделавший военную карьеру под началом Пирра – царя Эпира и Македонии, – которого сицилийцы пригласили для войны с Карфагеном. Когда Пирр покинул Сиракузы, Гиерон со своим войском захватил власть в родном городе и стал его единоличным правителем. Завершив с относительным успехом конфликт с карфагенянами, он решил расширить свои сицилийские владения, но в дело вмешались римляне, разбили все противостоящие им войска и осадили Сиракузы. Сицилийцам пришлось уступить части земель, выплатить контрибуцию зерном и серебром, а также заключить союзный договор с Римом.

Следующие двадцать лет на территории Сицилии шла Первая Пуническая война, и Гиерон оставался верным союзником римлян, предоставляя им помощь кораблями и вой-

сками. Более того, даже во время Второй Пунической войны, когда Ганнибал наносил римлянам сокрушительные поражения, Сиракузы посылали в Рим пшеницу, ячмень, золото и солдат. Такая последовательность объяснялась тем, что олигархи, на которых опирался в своем правлении Гиерон, имели основные финансовые интересы в торговле именно с Италией.

Тем не менее, перед всяким жителем богатых, но маленьких и слабых Сиракуз тогда стояла дилемма – Карфаген или Рим. В городе всегда имелось две противоборствующие партии, причем царский дом, как представляется, испытывал симпатии именно к карфагенянам. Таких же взглядов придерживался и Архимед. Гиерон, безусловно, достаточно рано понял, что, истинная опасность угрожает его городу именно со стороны Рима. Лишь военное поражение и влияние олигархов вынуждали царя вести почти вассальную политику по отношению к грозному итальянскому соседу и всеми силами не допускать обострения отношений. При этом карфагеняне также получали посильную помощь, а крупные дары отправлялись также в Египет и на Родос. Пока вокруг бушевали войны, Гиерон вел тонкую дипломатическую игру, позволяя своему государству богатеть, крепнуть и наслаждаться миром.

В это же самое время вернувшийся из Александрии Архимед возводил в Сиракузах дорогостоящие оборонительные сооружения и оснащал их сложными военными маши-

нами. Стоимость данных работ была колоссальной, но средства выделялись в необходимом объеме. Причем, что важно, Карфаген тогда пребывал в упадке, и едва ли мог казаться соперником, ради борьбы с которым казалось необходимым столь масштабное строительство. А вот Рим уже покорила всю Италию, Корсику, Сардинию и существенную часть Сицилии. Всем было понятно, что произойдет дальше. Симпатии сиракузского демоса, а также интеллектуалов, понимавших, что какое-то сильное государство в любом случае будет контролировать регион, всецело оказывались на стороне Карфагена. И тому имелась важная причина.

Богатейший Карфаген хоть и являясь, по сути, финикийским государством, но был глубоко эллинизирован. Туда стекались товары со всех концов света, и потому до столкновения с Римом карфагеняне контролировали обширные территории африканского побережья, юг Пиренейского полуострова и множество островов западного Средиземноморья. Культуры и традиции тут свободно смешивались и дополняли друг друга, никакой резкой грани между греками и семитами не существовало. Труды карфагенских мыслителей и философов были известны во всем эллинском мире. Финикийцы считали модным носить греческие имена и одеваться на греческий манер. Знаменитый полководец Ганнибал Барка получил блестяще классическое образование, владел иностранными языками, много общался с известными литераторами, а гуманностью ведения войны и верностью слову

заслужил восхищение всех греческих (но не римских) историков своего времени. Поэтому легко понять, отчего жители Сиракуз не считали карфагенскую культуру чуждой для себя.

Римляне, напротив, с гордостью называли себя варварами, а к грекам относились с высокомерным презрением. Захваченные Римом эллинские города подвергались жесточайшей эксплуатации вплоть до полного разорения местных жителей. В военном же деле римляне считали нормальным безо всякого повода убить заложников, пообещать противнику безопасную возможность уйти и сразу же вырезать всех поголовно, либо же устроить кровавую бойню во взятом городе. Античная история еще не знала подобной жестокости и вероломства. Информация о зверствах римлян распространилась быстро, так что народ боялся и не любил их.

Вот почему Гиерон в течение длительного времени – от окончания Первой Пунической войны (241 год до нашей эры) до самой своей смерти (215 год до нашей эры) – проявлял чудеса дипломатической мудрости: внешне проводил лояльную и угодническую политику по отношению к Риму, отправлял туда огромные взятки, оказывал разнообразную помощь. Одновременно с этим Архимед по приказу царя исподволь возводил крепкие стены, оснащенные громадными катапультами, подвесными бревнами, крючьями на мощных рычагах и другими хитроумными приспособлениями. В этих удивительных машинах умело использовались все тех-

нические достижения эллинистической эпохи: рычаги, блоки, винтовые и зубчатые колеса, торсионы, пружины и водяные двигатели. Опираясь на топографию местности, Архимед в своей работе продумал общий план обороны города и координировал действий его защитников, чтобы у каждой машины всегда находилось достаточное число людей и снарядов.

При этом Архимед не прекращал вести свою научную работу: доказывал теоремы, делал открытия, писал книги. Но ни в коем случае нельзя считать, будто бы защита родного города казалась ему досадным поручением царя, которое лишь мешает отвлеченным размышлениям. Патриот своего отечества, родственник правителя Сиракуз, человек с живым и тонким умом – Архимед не мог не интересоваться политическими вопросами, от которых зависело само существование родной страны. Даже его тексты постепенно приобрели несколько более прикладной, практический характер.

# Оборона Сиракуз

После смерти 90-летнего Гиерона на престол вступает его несовершеннолетний внук Гиероним, и поэтому родственники царя сразу же приобретают большое влияние. Так, Архимед из военного инженера становится, по сути, организатором и руководителем всей обороны города. Богачей, экономически заинтересованных в победе Рима, жестко устраняют от власти, а фактическими правителями становятся приглашенные ставленники Ганнибала, который, несмотря на свои победы, не чувствовал себя уверенно без дополнительной помощи. Сиракузы заключают против Рима союз с Карфагеном и македонским царем Филиппом V. Делается попытка привлечь и Египет, но Птолемеи предпочитают остаться в стороне: в Александрии шла точно такая же борьба различных партий, и многим казалось, что самым выгодным будет не вмешиваться в далекий западный конфликт. Эллинистический мир не захотел объединяться в борьбе против нового грозного врага.

Юный Гиероним спешно объявляется совершеннолетним и выступает с войском в сторону римских владений на Сицилии, но заговорщикам удается его убить. Одновременно с этим сторонники Рима в Сиракузах также устраняют братьев царя и некоторых вождей карфагенской партии. Олигархи

предпринимают спешную попытку отыграть все назад и заключить мир, однако горожане и сиракузская армия узнают о том, что римские войска уже успели учинить бесчеловечные погромы в соседних городах. Взрыв народного возмущения приводит к тому, что всех сторонников римлян казнят, а власть в Сиракузах окончательно переходит к военачальникам Ганнибала, которые, впрочем, так и не смогли остановить римские войска. Начался штурм города с суши и с моря.

Римляне подошли к Сиракузам очень хорошо подготовленными: у них имелось достаточное число закаленных в боях воинов и множество кораблей, оснащенных катапультами, перекидными мостами и крючьями, а также гигантской самбукой – громадной осадной лестницей, которая устанавливалась на несколько скрепленных между собой судов и опускалась прямо на стену осаждаемого города. Подобные механизмы уже не раз приносили римской армии победу, поэтому предполагалось, что приступ вместе с приготовлениями займет всего несколько дней. Однако у стен Сиракуз римлян ожидал неприятный сюрприз.

Метательные машины Архимеда оказались столь хороши, что на суше легко забросали неприятельские войска огромными камнями и тяжелыми стрелами, причем с такого расстояния, что римские катапульты, лучники и пращники просто не могли ничем ответить. На подплывающие неприятельские корабли со стен города с помощью длинных рычагов опускались тяжелые бревна и свинцовые гири, ломающие

мачты и борта. Огромные крюки на выдвижных кранах цепляли носы кораблей, приподнимали их над водой, после чего раскачивали и разбивали о прибрежные скалы либо роняли на бок. Громадную римскую самбуку удалось разнести в щепки с помощью огромных снарядов весом в десять талантов (около 250 килограммов) – против таких камней оказывались бессильными любые защитные приспособления. Число убитых и утонувших римских солдат было огромным. Попытка тайно приблизиться к сиракузским стенам ночью привела лишь к тому, что из специальных бойниц в римлян полетело множество стрел, выпущенных мощными скорпионами и другими устройствами.

Ничего подобного античный мир еще не видел, более того, многие механизмы Архимеда были отлично замаскированы и появлялись буквально ниоткуда. Римлян обуял настоящий ужас, они стали спасаться бегством едва заметив, что над стеной движется любой кусок каната или бревна. Казалось, будто сами боги выступили против них. От идеи штурма пришлось отказаться и перейти к осаде – на многие месяцы Сиракузы оказались отрезаны от мира кольцом вражеских войск и кораблей. Сил, чтобы прогнать врага у города не имелось.

Разумеется, никакие даже самые хитроумные механизмы не могли спасти жителей Сиракуз от голода. Карфаген направил им на помощь свое войско, но римляне смогли отбить внешнее нападение и не допустить подход подкрепле-

ний к осажденному городу. В отступивших карфагенских отрядах вскоре началась эпидемия, которая уничтожила почти всех воинов. Положение осажденных стало уже совершенно безнадежным, а капитуляция – лишь вопросом времени. На второй год осады во время праздника Артемиды, когда многие из защитников крепостных стен были пьяны, кто-то из предателей смог открыть врагу потайной ход в стене. Римляне ворвались в город, началась резня, в числе убитых оказался и Архимед. Римские авторы сообщают, что это произошло случайно и в суматохе, поскольку осаждавший Сиракузы полководец Марцелл будто бы велел сохранить великому математику жизнь. Архимед же, якобы, был полностью поглощён математическими размышлениями и даже не заметил начала штурма. Когда ворвались римляне, ученый закричал: «Не тронь моих чертежей!». Разъяренный легионер не понял, кто перед ним, и зарубил буйного старика.

Греческие историки, напротив, пишут о том, что римские солдаты проявляли звериную жестокость, занимаясь лишь насилием и грабежом. Никакого уважения к науке и искусству они не проявляли. Архимед же по греческой версии до конца сопротивлялся захватчикам и был зарублен потому, что легионеры испугались, будто он может применить против них еще какое-то из своих удивительных орудий. Едва ли Марцелл, хладнокровно приказавший истребить невинных женщин и детей, испытывал хоть какое-то сочувствие к ученому, который своими механизмами нанес римлянам столь-

ко вреда, погубил множество кораблей и несчетное число воинов. В те времена философия считалась у римлян вредной болтовней, а мастера-механики воспринимались кем-то средним между ремесленниками и шутами.

С точки зрения Рима царский родственник Архимед являлся бунтовщиком, поэтому лишь ближайшим родственникам было разрешено его похоронить, а всякий другой, вспоминая о нем, рисковал навлечь на себя обвинения в неблагонадежности. Ученый был предан забвению и достаточно быстро забыт даже в Сиракузах. Более века спустя Цицерон, оказавшись на Сицилии, с большим трудом сумел отыскать могилу Архимеда, поскольку никто из местных жителей ничего о ней не знал. Поиски увенчались успехом лишь потому, что на заросшем травой могильном камне удалось разглядеть вписанный в цилиндр шар. Как и завещал ученый.

Существенно позже, во II столетии до нашей эры, когда Рим покорил македонские царства, греческое влияние в Республике существенно возросло, и возникла мода на подчеркнутое уважение к отвлеченной науке. Вероятно, именно тогда и возникла необходимость как-то оправдать жестокую расправу с величайшим эллинским математиком: пришлось сослаться на досадное недоразумение и даже приписать беспощадному Марцеллу огорчение от случившегося. Римляне вообще были виртуозами в области фабрикации занимательных исторических повествований, обеляющих своих сооте-

чественников и очерняющих врагов (например, Ганнибала). Впрочем, трудов Архимеда в Риме, по-видимому, не знали вовсе, а геометрия никогда не поднималась там выше землемерия и геодезии.

# Образ Архимеда в античной культуре

В остальном античном мире, напротив, почти сразу же стал формироваться некий фантастический образ Архимеда, вобравший в себя все классические литературные штампы, которые использовались в биографиях древних мыслителей. Стали рассказывать, будто архимедово увлечение геометрией было столь велико, что ученый забывал о еде и питье, а оказавшись у очага, начинал чертить линии прямо на пепле и золе. Подобная рассеянность, конечно свойственна людям, всецело погруженным в научные размышления, однако в сходные истории рассказывали и о Фалесе, который задумался и не заметил, как упал в яму, и о Демокрите, который размышлял и не увидел разъяренного быка.

Другое распространенное заблуждение проистекало из общепризнанной гениальности Архимеда: часто утверждалось, что его работы легко и ясно разъясняют сложнейшие проблемы математики и механики, поэтому каждый желающий может без труда разобраться в них. На самом же деле решения Архимеда часто получаются неизвестно откуда, причем почти никогда не объясняется, как именно автор к ним пришел. Дорога, по которой ведет своего читателя Архимед, чаще всего трудна и извилиста, поэтому, когда она вдруг неожиданно приводит к цели, то это не вызывает ниче-

го, кроме удивления и чувства собственной беспомощности. И великий Лейбниц, и учитель Ньютона Барроу соглашались с этим. Лишь в очень немногих случаях решения Архимеда действительно просты, однако об этом в действительности мало кто знал, поскольку его тексты не изучались за пределами круга профессиональных математиков.

Не меньшей популярностью пользовалась история о том, как Архимед с немногими помощниками спустил на воду огромное грузовое судно «Сиракузия», которое сам же предварительно спроектировал и построил. Этот самый большой в античном мире корабль могли тогда принять лишь порты Сиракуз и Александрии, поэтому царь Гиерон подарил его фараону Птолемею III. Однако корпус судна оказался настолько тяжелым, что поначалу было неясно, как вообще сдвинуть его с места. Впрочем, Архимед без особых усилий сделал это с помощью системы блоков и лебедки. По легенде именно тогда из его уст и прозвучала знаменитая фраза «Дайте мне точку опоры, и я переверну Землю».

Данная история дошла до нас в нескольких вариантах, которые ко всему прочему еще и кое-где противоречат друг другу. В качестве используемого механизма разные источники называют и полиспаст, и рычаг, и винт, и зубчатую передачу. Отличается и описание восторженной реакции Гиерона. Самым важным тут, однако же, является другое. Одновременно с описанием столь удивительного поступка античные авторы считали необходимым уточнить, что сам Архи-

мед не придавал значения созданию полезной техники, занимаясь ей лишь по настоянию царя Гиерона или для развлечения. Так платоник Плутарх, рассказывая о сиракузском гении, старается буквально оправдать Архимеда перед читателями, дабы те и в самом деле не подумали, будто великий геометр мог по-настоящему интересоваться чем-то кроме теоретических проблемам.

Занятно, что именно с техническим сочинением «О плавающих телах» традиция связывает еще один распространенный анекдот о рассеянности Архимеда. Якобы царь Гиерон заказал себе новую корону из чистого золота, однако заподозрил, что мастер подменил часть выданного ему золота серебром. Перед Архимедом была поставлена задача – определить, из какого же материала в действительности изготовлена корона. Фактически требовалось узнать, соответствует ли масса короны ее объему. Ученый не сразу сумел дать ответ, поскольку не знал, как определить объем такого сложного объекта, как корона. Озарение настигло Архимеда совершенно внезапно, когда он мылся в бане и вдруг понял, что любое тело вытесняет ровно столько воды, сколько места занимает само. От радости он голым выскочил из бани и побежал домой, восторженно крича: «ερηκα, ερηκα» («Нашел! Нашел!»). В результате проверки оказалось, что мастер обманул царя – корона вытеснила больше воды, чем равный ей по массе золотой слиток.

В связи со всем сказанным любопытно отметить, что араб-

ский математик X-XI веков ас-Сиджизи с восторгом отзывался об Архимеде, отмечая, что «не было никого, кто занимался бы с таким же усердием практически полезными вещами».

# Угасание античной науки после Архимеда

Время Архимеда совпало с моментом максимального расцвета греческой геометрии, после которого она начала медленно клониться к упадку. В последующие века уже почти не появлялись новые оригинальные работы, вместо которых стали создаваться универсальные учебники-энциклопедии, которые обобщали и подытоживали наследие прошлого. Таковыми трудами стали «Начала» Евклида и «Конические сечения» Аполлония: авторы внесли туда не очень много своего, зато существующие достижения математической науки изложили стройно и понятно (точнее – понятнее, чем в старых книгах, но по современным меркам это очень громоздкие и пространные тексты).

Нельзя, конечно, утверждать, будто Средиземноморье вдруг перестало рождать талантливых людей. Просто существующих знаний было уже столь много, форма их представления была настолько несовершенна, а практические потребности общества так мало зависели от достижений науки, что новые ученые тратили всю жизнь на изучение имеющейся мудрости, но все равно не понимали, как же это все использовать.

Первые поколения математиков после Архимеда еще чти-

ли традиции, и были достаточно компетентны, дабы разобраться в сочинениях великих предшественников. Затем ученые уже довольствовались лишь изучением «Начал», или даже учебников более низкого уровня, чем сочинения Евклида и Аполлония. Примером тут могут служить книги Герона Александрийского (I век нашей эры), которые хоть и содержат еще немало мудрости, но рассматривают в основном прикладные вопросы, причем часто без строгих доказательств. Кое-что там и вовсе изложено в виде готовых рецептов безо всяких объяснений. Даже Папп Александрийский – крупный самостоятельный математик III-IV веков, получивший ряд новых результатов – написал достаточно беспорядочное сочинение «Математическая коллекция», которое одновременно является учебником по геометрии и курсом истории математики. Некоторое внимание в этой книге уделено также механике и астрономии.

Тут необходимо отметить, что все сказанное об упадке наук не относится к астрономии, которая активно развивалась в Александрии трудами многих талантливых астрономов. Причиной тут была и популярность астрологии, и необходимость длительных наблюдений за светилами, занимавших десятилетия и даже века. Вершиной этой упорной работы стал фундаментальный труд жившего во II веке Клавдия Птолемея «Великое математическое построение по астрономии в тринадцати книгах». Название часто сокращали просто до слова до «Великое», по-гречески «μεγίστη» (маги-

стэ), что в арабском произношении трансформировалось до «Альмагест». Данное сочинение представлял собой полную энциклопедию знаний о небе, накопленных древним миром. Далее с астрономией произошло то же самое, что мы уже видели на примере математики: фундаментальная книга Птолемея быстро вытеснила из научного обращения почти все работы предшественников, так что многие из них известны нам и вовсе лишь по упоминанию в «Альмагесте».

После Птолемея и Паппа греческая астрономия и геометрия быстро вырождается. Римский мир мало интересовался теоретическими науками, требуя реальных практических результатов и довольствуясь приближенными решениями. А перешедшей в христианство Империи не потребовалось и этого. После конфликта язычников и христиан в 391 году патриарх Феофил добился от императора Феодосия I разрешения уничтожить все языческие храмы в Александрии, разрушив заодно и хранилище с книгами. На самом деле сложно сказать, что именно к тому моменту вообще осталось от знаменитой библиотеки, поскольку римские императоры несколько раз грабили город, когда подавляли египетские восстания. С другой стороны – какие-то рукописи (причем немало) сохранились там и до прихода арабов.

В 529 году император Юстиниан, ведущий борьбу с языческой мерзостью, закрыл платоновскую Академию. Правда, когда спустя несколько лет сгорел собор святой Софии, то для его восстановления пришлось позвать языческих мате-

матиков, но дальнейший упадок античной научной традиции было уже невозможно остановить. Нигде больше не готовили людей, способных разобраться в мудреных старинных книгах, множество текстов пропало безвозвратно, а те рукописи, что по инерции продолжали переписывать в монастырях, были уже никому не понятны.

# Римляне и греческая культура

Разумеется, период римского владычества длился столь долго, что там нельзя выделять лишь какие-то простейшие исторические тенденции. Процесс был сложным и противоречивым.

В эпоху до Пунических войн римское общество было в массе своей сельским, патриархальным, трудолюбивым, небогатым и жестоким. Победы над Карфагеном привели к колоссальным изменениям. В страну хлынуло внезапное богатство и множество рабов. Мелкие фермы очень быстро сменились крупными землевладениями, отважные и предприимчивые люди стремительно делали состояния с помощью торговли либо грабежей. Многие же, не способные или не желающие найти работу, стекались в столицу и люмпенизировались, требуя хлеба и зрелищ в обмен на политическую лояльность (для раздачи населению в Рим периода его расцвета ежегодно завозили около 200 000 тонн зерна из Сардинии, Сицилии, Северной Африки и Египта). Женщины перестали бояться мужей, развод стал обычным делом. Желание иметь много детей пропало у многих, даже богатых людей.

Греки прошли через подобное столетие назад. Римляне же сразу осознали, что уступают элинам почти во всем – в ремесле, в способности вести сельское хозяйство, в адми-

нистративных навыках и философии, в искусстве и культуре, в умении отдыхать и распушенности. Единственное, где Рим был несравненно выше – военное дело и сплоченность, – но этого оказалось достаточно для покорения греков. Однако культура эллинов сразу же начала проникать по всем римским владениям, что было неизбежным, хоть и раздражало людей старой закалки, вроде Катона Старшего. Старые порядки было уже не вернуть. Римляне умели хорошо воевать, составлять законы и прокладывать дороги – для всего остального они привлекали эллинов, паразитируя на их достижениях.

Молодежь открыто восхищалась греческой культурой, перенимая и копируя буквально всё – манеры, олимпийский пантеон, архитектуру, скульптуру, стихотворные размеры, философские системы. Для связи с гомеровским эпосом римляне измыслили себе троянское происхождение: будто бы легендарный Эней с остатками своего народа прибыл из осажденной ахейцами Трои в Италию, где осел и стал предком Ромула и Рэма. При этом непосредственно к самим грекам отношение Рима было скорее презрительным: в них видели распутников, пустословов, обманщиков, а к тому же – они были завоеваны. Это, впрочем, никак не мешало некоторым эллинам делать карьеру и зарабатывать состояние.

Всё описанное нарушило неустойчивое политическое равновесие Республики: сенаторы и верхние слои среднего класса немисливо обогатились, а простой народ при этом

получил очень мало. Земельные наделы мелких итальянских фермеров, выращивающих зерно собственным трудом, постепенно переходили в руки аристократов и превращались в огромные поместья, где сотни рабов возделывали оливки и виноград. Всемогущий сенат в погоне за наживой полностью пренебрегал интересами беднеющего народа. Ответом на это стало демократическое движение, начатое во второй половине II столетия братьями Гракхами с целью перераспределить государственные земли. Начались гражданские войны, которые в итоге привели к закономерному установлению тирании.

По сути, повторялось все то же самое, что ранее сотрясало Грецию, только теперь уже в масштабах огромного государства. В борьбе за власть различные римские полководцы объявляли себя то сторонниками народа, то приверженцами сената, а затем различными посулами пытались переманить на свою сторону побольше воинов. Неважно, кто одерживал победу, но, чтобы заплатить легионерам, приходилось отбирать имущество у богатых людей, а также раздавать отобранное у крупных землевладельцев наделы. Репрессии, по сути, не прекращались – вне закона мог оказаться любой. В такой ситуации всегда оставалось много недовольных, так что новый конфликт не заставлял себя ждать. Всё это продолжалось до тех пор, пока Октавиан Август, приемный сын и наследник Юлия Цезаря, не одержал вдруг столь уверенную и полную победу, что уже никто не имел могущества оспорить

его власть. Гражданская борьба неожиданно прекратилась.

Тогда же основанная Птолемеем I династия греческих царей Египта закончилась на сыне Клеопатры Птолемея XV (известным также как Цезарион, поскольку его отцом, вероятно, являлся Юлий Цезарь). В 30 году до нашей эры Птолемей XV был казнен по приказу Августа, разгромившего перед этим войска Марка Антония и Клеопатры. Египет оказался поглощен Римской империей, эллинистический период в мировой истории завершился, но Александрия еще несколько веков сохраняла статус значимого научного центра, достижения которого не были превзойдены вплоть до XVI–XVII столетий.

Для Средиземноморья оказалось открытием, что можно жить, не опасаясь войн. Люди получили, наконец, порядок и мир, который не сумели принести ни греки, ни македонцы. Рим даже смог перейти от ограбления провинций к политике, которая хоть в какой-то мере учитывала интересы и благополучие населения. Наиболее ярко это проявилось, пожалуй, в северной Африке, где обширные территории были превращены в плодородные земли, способные обеспечить продовольствием огромные города.

Абсолютная власть Августа маскировалась условной республиканской формой – он правил на основе декретов сената, который подобострастно исполнял волю императора, сохраняя существенную часть своего влияния. Правда, заговоры не были редкостью, но их вовремя раскрывали. Сле-

дующие императоры проявляли уже чудовищную и даже извращенную жестокость в своем противостоянии с сенатом, однако государственная машина продолжала функционировать достаточно сносно. А в период с 98 по 180 года, когда Рим возглавляли последовательно «пять хороших императоров» из династии Антонинов (Нерва, Траян, Адриан, Антоний Пий, Марк Аврелий), и вовсе прозвали золотым веком. Империя достигла своего расцвета и максимального расширения, прекратились репрессии и земельные конфискации.

# Поздняя Империя

К III столетию ситуация переменилась. Армия, во многом уже состоящая не из италиков, осознала свою истинную силу и начала самовольно свергать императоров и возводить на престол любого, кто пообещает щедрую плату и жизнь без военных походов. Одновременно с этим северные и восточные варвары усилили грабительские набеги на римские земли, однако легионы, заинтересованные лишь в наживе, уже не были способны эффективно защищать страну. Сразу же рухнула вся государственная финансовая система – источники дохода уменьшились, а расходы на подкуп войск и неудачные войны лишь возросли. Целые провинции начали фактически отделяться под управлением местных главнокомандующих. Казалось, что дни Империи сочтены, однако энергичные реформы Диоклетиана и Константина, правивших в конце III и начале IV столетия, смогли отсрочить ее гибель.

Отныне страна разделялась на западную и восточную части, примерно соответствующие преобладающему языку – латинскому или греческому. Одновременно вся территория государства дробилась на множество провинций, для управления которыми потребовалось сильно увеличить бюрократический аппарат. С другой стороны, городам предоставлялось значительное самоуправление, даровалось даже право

самим собирать налоги. Армия была преобразована, так что наиболее боеспособные ее части отныне формировались из варваров (в основном германцев, но не только), которым был открыты все возможности карьерного роста.

В период изобилия и спокойствия такая система еще могла работать, но в целом это была просто попытка отсрочить неизбежное. Более столетия реформированная армия успешно исполняла свою роль, после чего освоившиеся варвары решили, что им куда выгоднее сражаться за собственные интересы. А когда ресурсы регионов истощились под гнетом податей, власти провинций начали скрываться вместе с собранными налогами. Императоры в ответ силой принуждали зажиточных людей принимать административные должности (чтобы всегда иметь возможность конфисковать имущество нерадивого чиновника), и прикрепляли крестьян к земле. Недовольство центральной властью росло, а желающих защищать Империю становилось все меньше.

В период всех этих перипетий Рим утратил статус императорской резиденции. Правителю государства требовалось постоянно находиться ближе к беспокойным границам. В связи с этим Константин решил перенести столицу из беспокойной Италии на побережье Босфора, в регион, где шла активная торговля, и копилось богатство. Новую столицу возводили на месте старого греческого города Византий, который существенно расширили, окружили неприступными стенами, возвели там стадион, множество храмов и адми-

нистративных зданий. Константин нарек свою столицу Новым Римом, однако это название не прижилось и уже спустя несколько лет город стали называть в честь императора Константинополем.

У переноса столицы на Восток имелось одно важное последствие. Вероятно, из-за того, что многие восточные и африканские подданные Константина (наиболее лояльная и спокойная тогда часть империи), а также большинство солдат разделяли местные верования и являлись христианами, то император принял эту религию в качестве официальной для всего своего государства. Добившись влияния, христиане сразу же проявили крайнюю нетерпимость к так долго притеснявшему их язычеству и вообще к любым проявлениям античной культуры.

Впрочем, культура греческой части империи и так постепенно приходила в упадок. Старые философские школы продолжали существовать и даже пользовались популярностью, но уже почти не рождали новой мысли. Когда в 529 году император Юстиниан запретил изучение любой языческой философии, противоречия между латинской и греческой частями империи были уже непреодолимы. Последний император Запада Ромул Августул был свергнут предводителем германцев Одоакром в 476 году, однако уже задолго до этого там почти все решала армия, состоящая почти целиком из набранных в пограничных областях государства варваров. Эти грубые люди не испытывали никакой потребно-

сти в культуре и образовании, а население рассматривали исключительно в качестве источника наживы. Никакой системы образования не существовало, поскольку рассыпающееся государство уже не имело сил практически ни на что. Людей, понимающих греческий язык, почти не осталось.

# ГЛАВА ДЕВЯТАЯ. ЦИРКУЛЬ И ЛИНЕЙКА

## Математика древности

Первые числовые и геометрические понятия возникли еще в глубочайшей доисторической древности, однако понимание счета, порядка и протяжения развивалось крайне медленно. Первые представления о землемерии и о количествах предметов передавались из рода в род, постепенно умножались и накапливались, но всегда оставались тайной немногих наиболее талантливых людей. Когда, спустя долгие века, сложился простейший арифметический аппарат, то люди уже не могли поверить, будто эти удивительные знания являются результатом труда многих предшествующих поколений их предков. Подобное естественное развитие событий казалось невероятным, а потому появление математической мудрости повсеместно приписывали участию богов. Лишь у эллинов в силу уже описанных социальных сдвигов возникло желание осмыслить процесс развития научных завоеваний. Именно с VI-V веков до нашей эры, когда греки начали проявлять особый интерес к теоретическим изысканиям, и

следует начинать историю математики именно как науки.

Необходимо, конечно, уточнить, что соседние Вавилон и Египет (мы здесь вовсе не касаемся Индии и Китая) к тому моменту уже имели многовековую математическую традицию, которая, однако, носила в основном прикладной и эмпирический характер. Крупные централизованные государства не могли бы существовать без достаточного числа специалистов, способных успешно решать разнообразные задачи, возникающие при строительстве зданий или размежевании земельных наделов, при торговых сделках и распределении ресурсов, при учете рабочей силы и сборе податей, а также при составлении календаря. Социальный статус писцов, которые кроме грамоты были обучены еще и вычислительным приемам, всегда был достаточно высоким, хотя, конечно же, сильно зависел от личных талантов и родственных связей – понятно, что стать верховным жрецом (то есть советником государя или министром) удавалось далеко не каждому.

Вавилонская счетная техника и числовая запись были совершеннее египетских, а круг решаемых задач – несколько шире, но в обоих государствах расцвет математики приходится на первую половину II тысячелетия до нашей эры (как мы помним, это еще бронзовый век), когда имел место один из высоких подъемов человеческой культуры. Благоприятный климат, обильные урожаи и развитая торговля способствовали тому, что у людей в избытке имелось всякое, что

требовалось измерить и сосчитать.

Главная особенность древневосточной математики, однако же, заключалась в том, что важным там считалось каким-либо способом отыскать или угадать верное решение задачи, чтобы затем изложить его в виде пошаговой инструкции. Правильность таких инструкций никак не доказывалась, а методов исследований не существовало. О числах не мыслили абстрактно, но всегда имели в виду конкретное количество хлебов или овец, поскольку всегда преследовался чисто материальный интерес. Почти все математические вопросы, рассматриваемые вавилонянами и египтянами, являлись сугубо вычислительными и сводились к составлению практической задачи с указанием способа решения и конкретного численного примера. Дошедшие до нас тексты являются собранием готовых рецептов: сначала сделай одно, а затем другое, сложи, удвой, образуй обратную величину – и ты получишь истинный ответ.

# Вычисления в Египте и Вавилоне

Для ясности рассмотрим задачу №R52 из знаменитого египетского папируса Ахмеса – древнего учебного руководства, составленного в первой четверти второго тысячелетия до нашей эры. Текст задачи таков: *«Какова площадь усеченного треугольника, если его высота 20 хет, основание 6 хет, а верхнее основание 4 хета? Сложите нижнее основание с верхним. Получите 10. Разделите 10 пополам. А затем 5 умножьте на 20. Помните, что 1 хет равен 100 локтей. Посчитайте ваш ответ».*

Несложно понять, что под усеченным треугольником подразумевается трапеция, площадь которой египтяне определяли как произведение половины суммы оснований на высоту, то есть идентично современной школьной формуле. Впрочем, вычисление ответа само по себе являлось непростым делом, ведь в древнем Египте еще не знали таблицы умножения, а вместо нее применяли метод последовательного удвоения, поэтому даже относительно простые подсчеты получались достаточно громоздкими.

Предположим, что, как и в нашем случае, требовалось перемножить 20 на 5. Для этого сперва записывали вспомогательный ряд чисел, где каждое следующий член был вдвое больше предыдущего, например: 1, 2, 4, 8 и так далее. За-

тем составлялся второй ряд чисел – напротив единицы писалось наибольшее число из рассматриваемого произведения (в нашем примере это 20), а следующие члены ряда также получались удвоением предыдущего. Далее выбирались те числа из первого ряда, которые в сумме дают наименьший множитель, а искомое произведение получалось как сумма соответствующих членов из второго ряда. Выглядело это (с поправкой на то, что сами цифры, разумеется, записывались иначе) следующим образом:

✓ .....1.....20  
.....2.....40  
✓ .....4.....80  
.....8.....160  
.....100

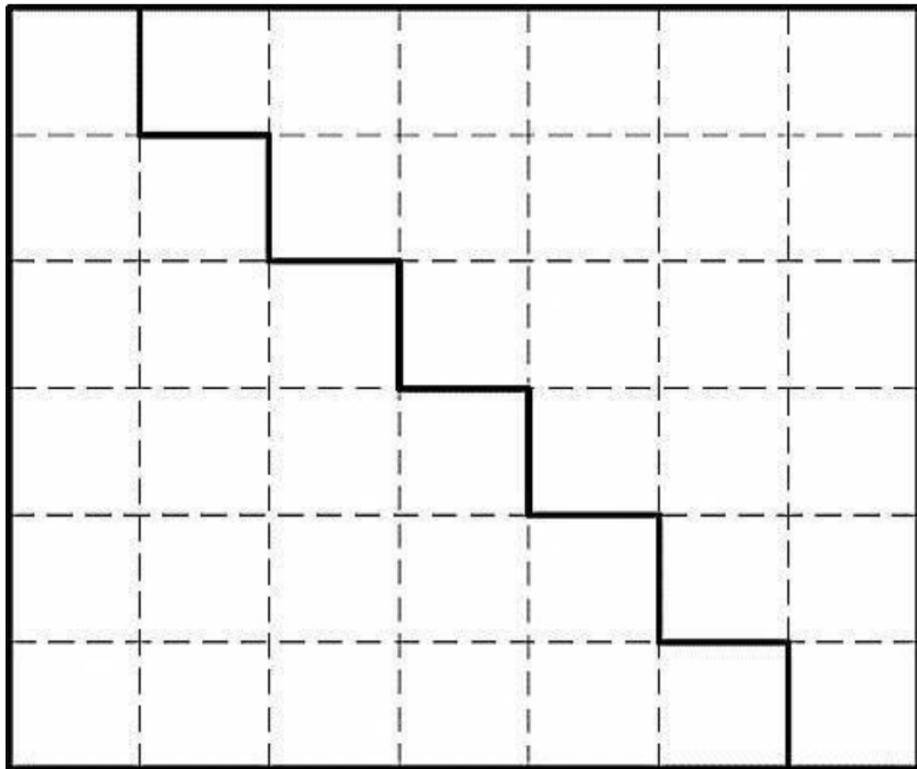
Поскольку  $5 = 1 + 4$ , то  $5 \times 20 = 20 + 80 = 100$ .

Конечно, мы сейчас рассмотрели довольно простой и часто встречающийся вычислительный пример, поэтому хороший писец, наверняка, помнил ответ наизусть. Однако несложно убедиться, что описанный способ позволяет вполне успешно заменять умножение сложением и в намного более трудных случаях. Особенно, если учесть, что в конкретных задачах для удобства можно было начинать первый ряд не только с единицы, а с любого удобного числа. Отношения последующих членов ряда также выбиралось исходя из удобства счета.

Ни в одном сохранившемся папирусе, ни в одной расшифрованной клинописной табличке нет ничего похожего на доказательство правильности предлагаемых рецептов. Разумеется, египетские и вавилонские мудрецы должны были каким-то образом получить свои решения и убедиться, что они дают верный результат, однако, вероятно, используемые методы оставались профессиональной тайной узкой группы специалистов высочайшего класса. Лишь отдельные случайные намеки позволяют нам в редких случаях предположить, как был обнаружен тот или иной ответ. Так, например, иной раз мы встречаем в папирусах пояснения, что величину площади треугольника необходимо удвоить, чтобы сделать из него четырехугольник, а нахождение полусуммы оснований трапеции позволяет превратить ее в прямоугольник.

Обычные писцы не вникали в данные тонкости, а просто-напросто заучивали математические книги наизусть, полагая их священной истинной. Кроме того активно использовались всякого рода вспомогательные таблицы: произведений чисел, обратных величин, квадратов, кубов, корней распространенных уравнений и всякое подобное этому. Все это специально вычислялось заранее и тщательно фиксировалось, чтобы в дальнейшем ускорить и облегчить трудоемкие расчеты. У вавилонян имелась даже специальная «логарифмическая» таблица для расчета процентов по кредиту с помощью которой можно было находить показатель степени  $n$ , если дано число вида  $2^n$ .

Скорее всего, многие формулы находили с помощью наглядных графических способов. Рассмотрим, например, последовательность  $1 + 2 + 3 + \dots + n$ . Ее можно представить в виде ступенчатой фигуры, каждая клеточка которой равна 1. Из двух таких фигур легко складывается прямоугольник со сторонами  $n$  и  $n + 1$ , откуда получаем площадь одной ступенчатой фигуры равной  $n \cdot (n+1)/2$ .



С помощью трехмерных фигур, составленных из кубиков,

вавилонянам удалось даже определить, что сумма ряда  $1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + n^2$  равна  $(2n^3 + 3n^2 + n)/6$ .

# Достижения древних математиков. Площади. Число $\pi$ . Объемы

Учитывая всё сказанное, уровень математических познаний древности поражает. Египтяне и вавилоняне умели решать квадратные уравнения, знали арифметическую и геометрическую прогрессии, могли вычислить сумму квадратов последовательных чисел, разбирались в подобии и пропорциях, причем имелся даже специальный термин для тангенса (отношения катетов прямоугольного треугольника). При этом имеются определенные сомнения касательно того, что в реальной практике действительно встречались ситуации, требующие всех перечисленных сложных математических выкладок. Вероятно, некоторые «бытовые» задачи (например, как поделить пшеницу в соответствии с арифметической прогрессией) были помещены в учебные папирусы специально, дабы оправдать изложение дополнительного сложного материала.

Но особенно большие успехи были достигнуты в мастерстве определения площадей различных фигур. Использовались точные формулы для вычисления площадей треугольников, прямоугольников и трапеций, а также приближенные соотношения для площадей любых четырехугольников.

Также было найдено достаточно точное выражение для определения площади круга.

В уже известном нам папирусе Ахмеса имеется задача №R52 следующего содержания: «*Есть окружность в 9 хетов. Какова площадь окружности? Нужно вычесть от 9 единицу. Останется 8. Умножьте 8 на 8. Это будет равняться 64. Вот перед вами и ответ – площадь круга равна 64 сечатам. Подробный ход вычисления:*

.....9.....9

✓.....1/9.....1

.....1

*После вычитания получается 8.*

.....1.....8

.....2.....16

.....4.....32

✓.....8.....64

.....64

*Площадь круга составляет 64».*

Текст задачи написан не совсем ясно, поэтому поясним его. Речь идет об окружности с диаметром равным 9 хетам. Поскольку нам уже известно, как считали древние египтяне, то из вспомогательных арифметических выкладок мы можем заключить, что на самом деле из диаметра вычитали не единицу, а  $1/9$  диаметра. Теперь можно записать следующую египетскую формулу для площади круга

$$S = \left(d - \frac{1}{9}d\right)^2$$

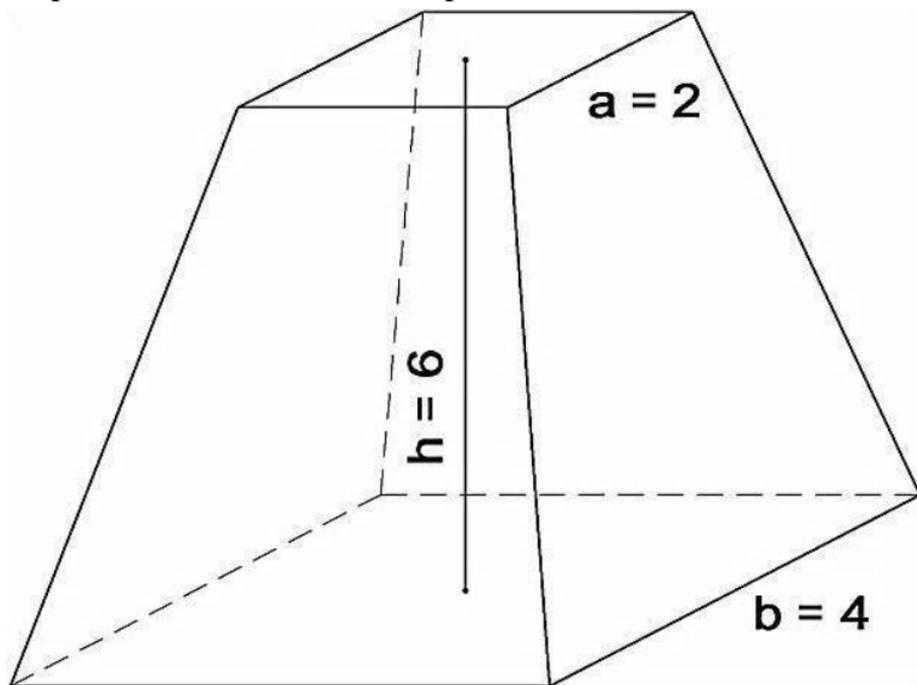
Это выражение легко преобразовать следующим образом

$$S = \left(d - \frac{1}{9}d\right)^2 = \left(d\left(1 - \frac{1}{9}\right)\right)^2 = \left(d\frac{8}{9}\right)^2 = d^2 \frac{64}{81} = \frac{d^2}{4} \frac{256}{81} \approx 3,16 \frac{d^2}{4}$$

Таким образом, можно заключить, что египтяне определили число  $\pi$  с очень высокой точностью, хотя у них не существовало конкретного понятия о такой константе.

Вопросы определения объемов также исследовались вавилонянами и египтянами с величайшей тщательностью. Они знали способы точно вычислять объемы куба, параллелепипеда, призмы (с трапецией в поперечном сечении), а также правильной усеченной четырехугольной пирамиды. Последнюю формулу едва ли можно вывести, не зная предварительно, что объем пирамиды равен трети от объема призмы с равновеликими основанием и высотой. Этот факт, в свою очередь, никак нельзя установить без использования хотя бы примитивных методов интегрирования, поэтому его строгое обоснование в Египте или Вавилоне представляется сомнительным. Надо полагать, что формула для объема пирамиды была получена эмпирическим путем (например, с помощью взвешивания), а уже затем с помощью математических преобразований удалось вывести выражение и для объема усеченной фигуры.

Усеченной призме посвящена задача № М14 Московского математического папируса, хранящегося в Музее изобразительных искусств имени А. С. Пушкина. Ее текст таков: «Скажут тебе: вот усечённая пирамида высотой 6 локтей, стороной внизу 4, а сверху – 2. Исчисли квадрат 4. Это будет 16. Удвой 4. Это будет 8. Исчисли квадрат 2. Это будет 4. Сложи вместе эти 16, 8 и 4. Это будет 28. Исчисли  $1/3$  от 6. Это будет 2. Исчисли 28 дважды. Это будет 56. Смотри: это 56. Ты нашёл правильно».



Текст задачи слегка запутан, но если обозначить высоту

усеченной пирамиды за  $h$ , а стороны оснований за  $a$  и  $b$ , то предлагаемое решение соответствует следующей современной формуле

$$V = \frac{1}{3} h (a^2 + a \cdot b + b^2)$$

Вавилоняне знали эту же формулу в ином виде, который позже переняли греки

$$V = h \left( \frac{a+b}{2} \right)^2 + \frac{1}{3} h \left( \frac{a-b}{2} \right)^2$$

Также для этой задачи вавилоняне могли использовать приближенную формулу

$$V = \frac{1}{2} h (a^2 + b^2)$$

которая в нашем случае дает величину объема равную 60 кубических локтей, что несколько больше истинного значения.

# Влияние восточной математики на греческую

Как теперь должно быть понятно, древнейшие греческие математики действительно могли ездить за мудростью в Египет или Вавилон – там было чему обучаться. С другой стороны, известно, что даже местные писцы постигали вычислительное искусство несколько лет, так что за время короткой поездки едва ли можно было усвоить многое. Другое дело, если греки обучались основам математики у себя на родине, а на берега Нила приезжали уже для того, чтобы повысить уровень своих знаний. Причем едва ли Фалес, Пифагор или Демокрит предпринимали долгие путешествия просто ради нескольких прикладных формул – видимо, за плату или подарки жрецы предоставляли вполне солидную образовательную программу, включавшую и некоторую теоретическую часть. Известно, что Демокрит не без доли тщеславия утверждал, будто бы никто не превзошел его в складывании линий с доказательствами, даже египетские гарпедонапты. Таким образом, можно заключить, что какого-то рода геометрические доказательства использовались и до греков, но история не сохранила об этом никакой информации.

Сами гарпедонапты (греческий термин, который можно перевести как «натягивающие веревку») это египетские

чиновники-жрецы, отвечавшие за размежевание земельных участков посредством их обмера особыми шнурами с узлами. Для точности измерений такие шнуры требовалось как можно сильнее натягивать. Именно отсюда произошли современные термины «гипотенуза» (от «ὑποτείνουσα» – натянутая), а также «линия» (от латинского «*linea*» – полотняная). Само слово «геометрия», как мы уже говорили, по-гречески буквально означает «измерение земли».

Однако тут нужно сделать ряд важных оговорок и пояснений. Известная нам греческая математика коренным образом отличается от восточной, поскольку эллины ставили исследовательскую часть выше прикладной. Не нужно, конечно, думать, будто греки не занимались прямыми подсчетами и измерениями – это, разумеется, составляло основную часть всей их математической деятельности, – но именно отделение доказательной части от занятия числами знаменовало переход от «донаучного» этапа к собственно науке. Конечно, такое разделение является условным, но, когда мы используем одно и то же слово «математика» для обозначения и восточных вычислений, и греческой геометрии, мы должны при этом подразумевать различные вещи. Собственно, сами греки под математикой понимали в первую очередь именно теоретическую деятельность.

Впрочем, вопрос о заимствованиях является дискуссионным. К сожалению, не существует никаких источников,

рассказывающих о раннем уровне греческой математики в VIII-VI веках до нашей эры. Косвенно, по остаткам архитектурных сооружений, мы должны заключить, что определенный уровень знаний, несомненно, имелся уже тогда, но нам неизвестны какие-то учебники или хозяйственные книги той эпохи. Похоже, что подобных текстов вообще никогда не существовало, поскольку сами эллины считали, будто достижения Фалеса или Пифагора возникли едва ли не на пустом месте. Более того, греческая геометрия развивалась столь стремительно (от Фалеса до Евклида прошло менее трехсот лет), что греки попросту не поверили в силу своего интеллекта и решили, будто переняли свою науку у египтян и вавилонян, не разобравшись даже в том, насколько это вообще было возможно.

Дело тут даже не в том, что восточная математика была по большей части индуктивной, а греческая развивалась дедуктивно. Важнее то, что уровень вавилонской и особенно египетской геометрии всегда оставался достаточно низким по сравнению с тем, чего в итоге сумели добиться эллины. Определенные заимствования действительно имели место, но лишь в самом начале становления ранней греческой науки. Впрочем, даже тогда они в основном относились к области конкретных фактов и арифметических приемов. Хотя и такого рода примеров крайне мало, но они действительно есть. Так, дроби вида  $1/n$ , а также метод последовательного удвоения греки прямо называли египетскими, но эти

простейшие знания были нужны в первую очередь купцам и мореплавателям, которые часто оказывались в чужих краях и перенимали местные приемы счета. Тем более что в торговом деле каждой стороне необходимо уметь производить вычисления не хуже партнеров, иначе останешься внакладе. Подобный вид культурных контактов представляется более вероятным, чем реальные образовательные путешествия греческих мыслителей на Восток. Тем более что и Фалес, и Пифагор являлись уроженцами богатых купеческих ионийских городов, и оба были причастны к восточной торговле.

Не менее важным (возможно даже важнейшим) препятствием в деле заимствования восточной мудрости должен был оказаться языковой барьер. Для того чтобы обстоятельно разобраться в египетской или вавилонской математике, эллинам сперва потребовалось бы овладеть чужим языком и сложнейшей системой письма. При этом известно, что греки никогда не испытывали желания понимать чужую речь. Разумеется, отправившийся на Восток наемник или купец мог научиться говорить на чужом языке, но нет свидетельств, что хотя бы один греческий автор действительно понимал египетскую письменность или аккадскую клинопись. В работах Евклида, Архимеда, Эратосфена и Аполлония нет никаких следов восточного влияния, хоть эти ученые долгое время жили и трудились в Александрии и Пергаме. Похоже, что этих ученых попросту не интересовала мудрость покоренных македонцами народов. Отчетливое восточное влияние

начинает наблюдаться лишь со II века до нашей эры, когда вавилонские астрономы сами начинают писать на греческом языке.

Бесспорно, что Фалес занимался геометрией и путешествовал в Египет: об этом говорят все поздние источники, включая даже комедии Аристофана. Но какие именно знания были приобретены во время этих поездок – большой вопрос. Согласно сведениям Евдема Родосского (ученика Аристотеля и автора трудов по истории греческой науки) Фалес доказал, что диаметр делит круг пополам, что построенный на диаметре угол всегда будет прямым, что две пересекающиеся прямые образуют равные углы, что углы при основании равнобедренного треугольника равны, а также вывел теорему о равенстве треугольников по двум углам и стороне. Для всего этого не требовалось куда-либо ездить, поскольку до греков никто и нигде не брался доказывать такие вещи.

Открытия Фалеса, связанные с углами треугольников тем более нельзя соотносить с восточной математикой еще и потому, что геометрия египтян и вавилонян была линейной: они вообще не измеряли углы и не занимались их сравнением. Всем известное деление круга на  $360^\circ$  возникло не ранее III века до нашей эры.

# Причины особого пути греческой математики

Таким образом, складывается следующая картина рассматриваемых событий. Изначально греки, вероятно, получали вполне приемлемую математическую подготовку у себя на родине, обучаясь счету и основам геометрических построений. Эти знания частично развились сами из простых бытовых потребностей общества, а частично проникли из соседних государств, тем более что ионийские города лежали на перекрестке торговых путей, а это всегда способствует культурному обмену. Далее отдельные наиболее любознательные эллины (обычно состоятельные купцы) могли получить дополнительное образование в Египте или Вавилоне, узнав там много дополнительных фактов, формул и методов, а также некоторые приемы, помогающие угадать или подобрать решения новых задач.

Несомненно, что накопленная за долгие века восточная мудрость заметно превосходила то, что греки изначально узнавали у себя дома, однако даже самые сведущие жрецы и писцы едва ли могли много поведать о том, как именно были получены знания, зафиксированные на папирусах и глиняных табличках. Для египтян и вавилонян это были просто священные тексты, обеспечивающие влияние и власть для

образованных людей.

Греки смотрели на вещи иначе. Древние царства, величественные и неизменные, существовали, буквально застыв в истории, но в молодых торговых полисах кипела жизнь. Развитие происходило быстрее, чем эллины успевали его осознать. Раз уж существовали некие работающие формулы, значит, каким-то образом их можно было получить. При этом у эллинов просто не было времени на то, чтобы ждать веками и копить мудрость по крупницам. Скорее всего, они даже не могли осознать саму возможность подобного подхода. Неумная социальная энергия греков требовала найти решение немедленно – и они попробовали логически доказать геометрические истины. Не было никакой гарантии, что дедуктивные умозаключения окажутся полезными в вопросах геометрии, но никто не мешал хотя бы попытаться. Тем более что начинать пришлось с самого «простого» – с доказательства очевидных фактов. Идея оказалась верной и плодотворной. Возможно, делались и какие-то иные шаги, но они не принесли результатов, поэтому мы о них ничего не знаем. В любом случае был найден метод, который собственно и явил собой переход от практической математики к теоретической науке.

# Как считали греки. Геометрическая математика. Делосская задача

До наших дней сохранилось множество любопытных, но, вероятно, вымышленных историй о том, как насущные проблемы якобы привели к развитию греческой геометрии. Так, например, есть легенда, что египетский фараон лично попросил Фалеса определить высоту пирамиды. Также говорят, что Агафарх первым изучил законы перспективы, поскольку хотел создать реалистичные декорации к пьесам Эсхила.

Особый интерес вызывает предание о задаче, связанной с удвоением куба. Однажды на острове Делос началась эпидемия чумы, и дельфийский оракул сообщил, что для спасения от болезни необходимо установить в храме кубический жертвенник объемом вдвое больше существующего. С тех пор делосской задачей занимались многие античные математики, которым, как легко понять, требовалось просто извлечь кубический корень из 2. Оказалось, что это проблематично сделать существующими на тот момент средствами. Попробуем разобраться, в чем именно состояла трудность.

Если вавилоняне являлись прекрасными вычислителями, которые имели даже аналог современных десятичных дробей (правда их дроби, как и сама система счисления, бы-

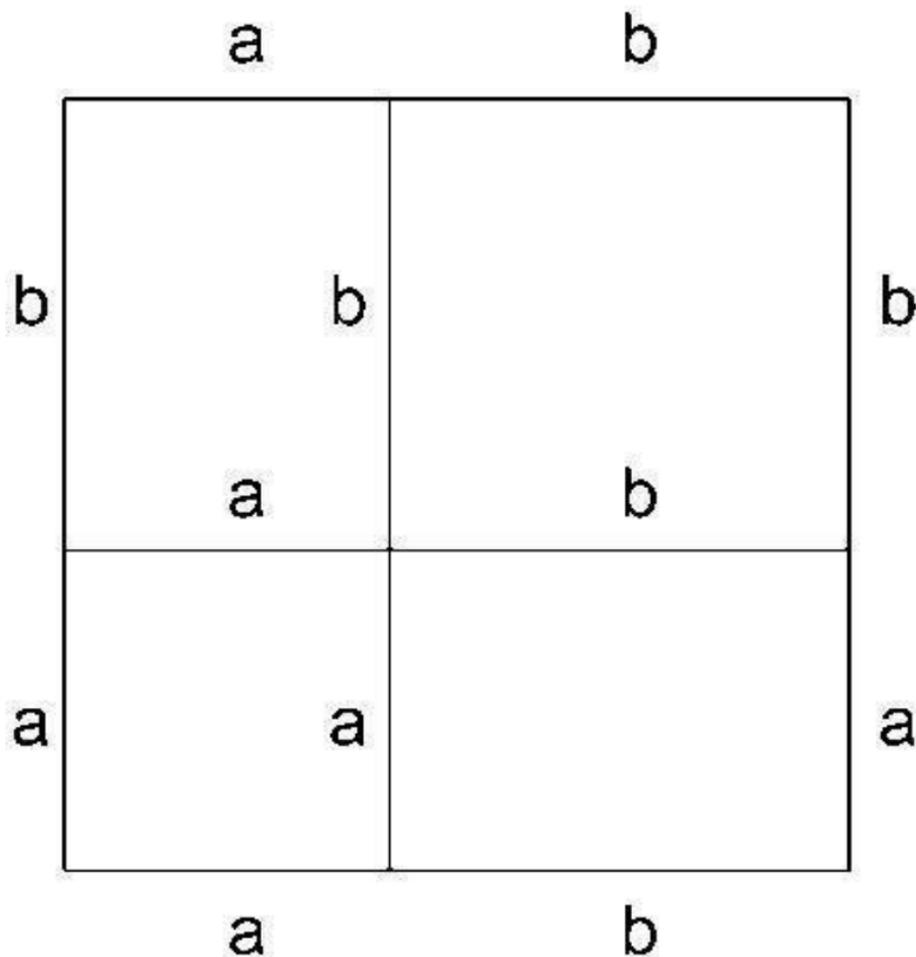
ли шестидесятеричными) и освоили простейшие алгебраические приемы, то греки понимали математику в основном геометрически. Все их представления об арифметике, алгебре, тригонометрии и анализе всегда оставались очень ограниченными.

С современной точки зрения античная геометрическая математика выглядит невероятно громоздкой и неудобной. Мало того, требовалось, чтобы всякие построения осуществлялись исключительно циркулем и линейкой (без делений), что сильно ограничивало круг поддающихся решению задач. Данное ограничение возникло из-за того, что с помощью своих веревок землемеры могли строить только прямые линии или окружности. С помощью циркуля и линейки можно графически осуществлять все четыре арифметических действия, а также извлекать квадратные корни, поэтому решению поддавались лишь такие задачи, которые сводились к линейным либо квадратным уравнениям. Ничего иного таким способом решить нельзя. Об этом, конечно, еще не могли знать, а потому тратили колоссальные усилия на проблемы, справиться с которыми невозможно без использования более изощренных инструментов.

Конечно, иной раз графическая интерпретация действительно бывает полезной, поэтому и сегодня в школах для выражений вроде

$$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$$

приводят вспомогательные чертежи



однако мы все же воспринимаем их как вспомогательный и разъясняющий материал. Построить всю математику на основе подобного геометрического подхода – чрезвычайно трудная задача, которую, впрочем, удалось блестяще ре-

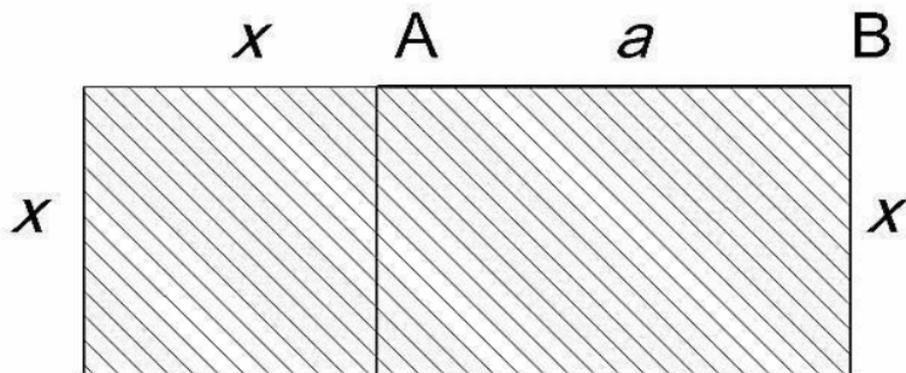
шить.

Так, рассмотрим для ясности античную процедуру решения квадратного уравнения вида

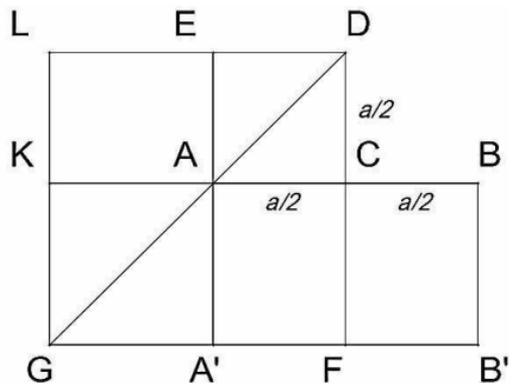
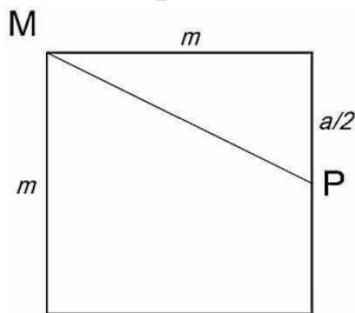
$$x^2 + ax = m^2$$

Сразу отметим, что свободный член изначально мыслится тут как некоторая квадратная площадь, а не простое число. Сама задача формулировалась (и понималась) следующим образом: *к данному отрезку необходимо приложить такой прямоугольник, чтобы, имея избытком квадрат, он был равновелик данному квадрату*. Неподготовленный человек, даже и умеющий хорошо решать квадратные уравнения, едва ли сможет понять, что вообще от него хотят. Попробуем разобраться.

Пусть дан отрезок АВ длиной  $a$ , требуется найти такой отрезок  $x$ , чтобы заштрихованная площадь на чертеже равнялась площади квадрата со стороной  $m$ .



Решалась эта задача так. Отрезок АВ делили пополам в точке С, после чего в этой точке восстанавливали перпендикуляр CD равный  $a/2$ . Далее в квадрате со стороной  $m$  строился прямоугольный треугольник, катеты которого равнялись  $m$  и  $a/2$ , что давало гипотенузу MP. Затем от точки D в сторону точки С откладывали отрезок DF, равный MP. Получающийся в результате отрезок CF как раз и является искомым отрезком  $x$ .



Докажем правильность полученного решения. Заметим, что все остальные линии на чертеже достраиваются элементарным образом, и нам нужно показать лишь, что сумма площадей прямоугольника  $ABB'A'$  и квадрата  $AA'GK$  равны  $m^2$ .

Поскольку  $DF = MP$ , то по теореме Пифагора имеем

$$DF = \sqrt{m^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2}$$

Тогда площадь гномона ( $\Gamma$ -образной геометрической фи-

гугры) LGFCAE будет равна

$$S_{\text{LGFCAE}} = \left( \sqrt{m^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} \right)^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2 = m^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2 = m^2$$

Поскольку из построения прямоугольники LEAK и CBV'F равны, то общая площадь прямоугольника KBV'G также равна  $m^2$ . Но этот большой прямоугольник, как нетрудно видеть, как раз и состоит из приложенного к исходному отрезку AB прямоугольника и построенного рядом избыточного квадрата, чья суммарная площадь должна равняться  $m^2$ . Таким образом, наше решение верно.

Еще раз подчеркнем, что описанные построения не являлись графическим способом решить алгебраическое квадратное уравнение. Сама задача изначально мыслилось и появлялась именно в таком геометрическом виде. Читателю предлагается самостоятельно соотнести приведенное греческое решение с современной школьной формулой для нахождения корней квадратного уравнения.

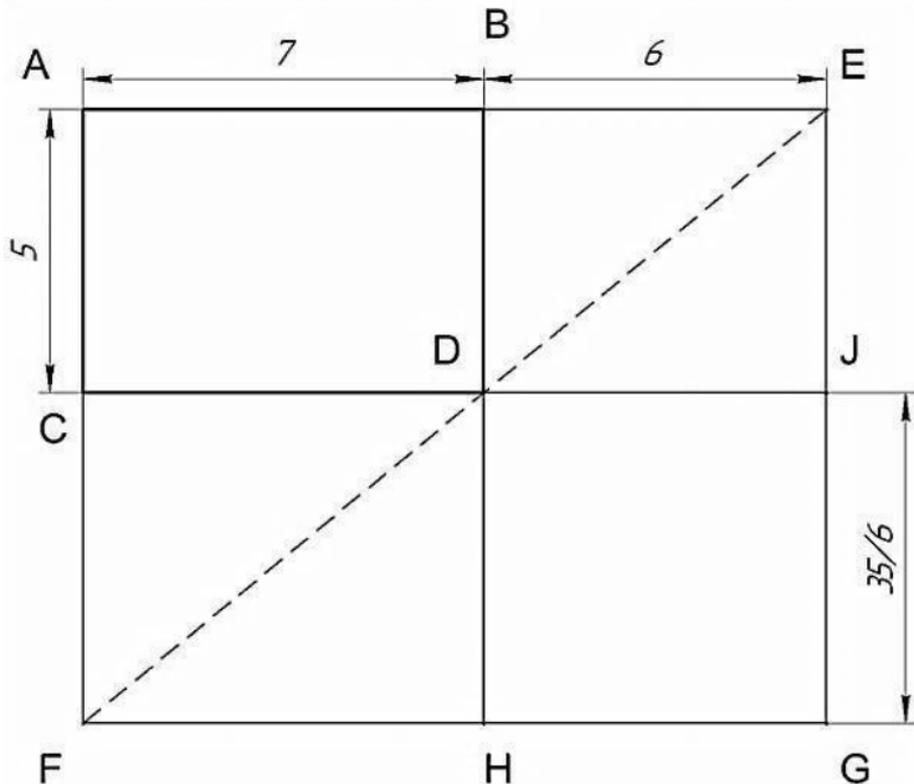
# Геометрическое деление. Геометрическое извлечение квадратного корня

Более полно проникнуть в суть греческой геометрии можно даже с помощью такой простой операции как деление. Собственно, греки не использовали слова «разделить», а говорили «приложить». Далее в книге для упрощения текста будет употребляться привычная для нас терминология, однако сейчас мы все-таки рассмотрим процедуру «приложения» подробно.

Допустим, нам нужно разделить 35 на 6. Представим 35 в виде прямоугольника со сторонами 7 и 5 (длины тут не важны, поэтому такое представление всегда осуществимо, если одна из сторон равна 1). Если мы теперь построим рядом другой равновеликий исходному прямоугольник со стороной 6, то вторая сторона нового прямоугольника будет, разумеется, равна  $35/6$ . Таким образом, мы получим отрезок, длина которого является результатом требуемого деления.

Выполнялось это следующим образом. К первому прямоугольнику  $ABDC$  прикладывался отрезок  $BE$  с длиной 6. Затем строилась точка  $F$ , лежащая на пересечении продолжений прямых  $ED$  и  $AC$ . Чертеж дополнялся параллельны-

ми линиями, чтобы получился прямоугольник  $DHGJ$ , который оказывается равновеликим исходному прямоугольнику  $ABDC$ . В последнем утверждении легко убедиться, если заметить, что диагональ  $EF$  делит большой прямоугольник  $AFGE$  на равные части, причем полученные малые треугольники также попарно равны. Таким образом, площадь  $DHGJ$  равна 35, сторона  $DJ = 6$ , а, следовательно, сторона  $DH$  равна  $35/6$ , что и требовалось получить. Данный способ деления приводит, например, Евклид в своих знаменитых «Началах».



Еще более поучительным является античный метод приближенного извлечения квадратного корня. В «Метрике» Герона Александрийского (жившего, как предполагают, в самом начале нашей эры) приводится следующее правило:

*«Извлеки корень из 720... Так как у 720 нет рационального корня, то мы извлечем корень с минимальной погрешностью следующим образом. Поскольку ближайший к 720 полный квадрат есть число 729, имеющее корень 27, то раздели 720 на 27:*

$$720:27=26 \text{ и } 2/3;$$

$$27+26 \text{ и } 2/3=53 \text{ и } 2/3;$$

$$53 \text{ и } 2/3:2 = 26 \text{ и } 5/6.$$

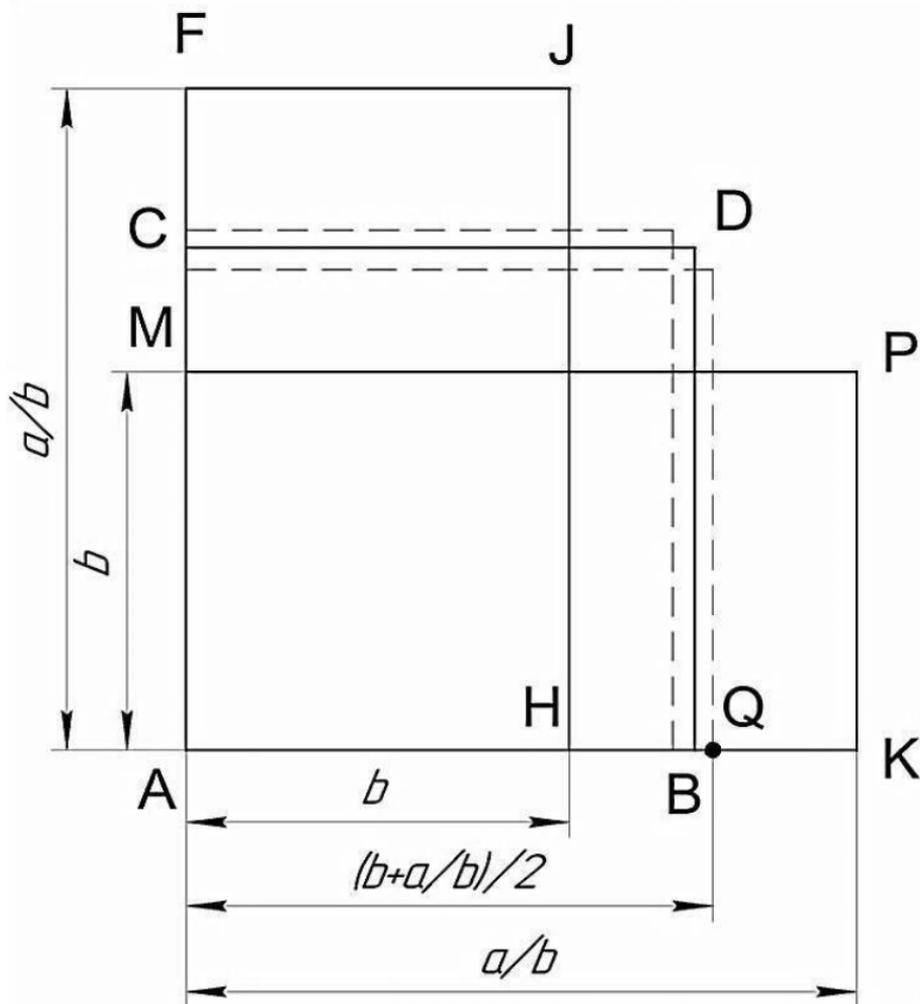
*Итак, приближенный корень есть 26 и 5/6. В самом деле,  $(26 \text{ и } 5/6)^2 = 720 \text{ и } 1/36$ , так что погрешность равна всего 1/36. Если мы пожелаем, чтобы погрешность была менее 1/36, то надо вместо 729 подставить 720 и 1/36, проделать ту же процедуру, и тогда получится гораздо меньшая погрешность, чем 1/36».*

В оригинальном тексте, разумеется, используется греческая математическая символика и числовая запись, а сама задача формулируется, как необходимость найти сторону квадрата по заданной площади. Никаких пояснений к столь нетривиальной формуле Герон не приводит, хотя почти все теоремы «Метрики» сопровождаются доказательствами. Видимо, данное правило являлось общеизвестным и не требовало особых комментариев, а в книге оно появилось лишь для того, чтобы напомнить читателю порядок вычислений. Заметим, что уже в работах Архимеда (жившего на несколько веков раньше) извлечение корня всегда осуществлялось без всяких пояснений, так что, вероятно, эта процедура действительно была известна всем математикам. Разберемся в ней и мы.

Пусть необходимо извлечь квадрат из числа  $a$ , причем ближайший полный квадрат есть  $b^2$ , тогда, согласно Герону, имеем следующую формулу

$$\sqrt{a} = \frac{b + \frac{a}{b}}{2}$$

Геометрически это можно проиллюстрировать следующим образом. Пусть  $ABDC$  есть исходный квадрат, имеющий заданную площадь  $a$ . Построим два одинаковых равновеликих данному квадрату прямоугольника  $AKPM$  и  $АНJF$  с основанием равным  $b$ . При этом один прямоугольник расположим вертикально, а второй горизонтально. Вторая сторона этих прямоугольников будет, разумеется, равна  $alb$ . Точка  $B$  неизбежно лежит между точками  $H$  и  $K$ , то есть длина стороны исходного квадрата находится между  $b$  и  $alb$  (рассуждение сохраняет свою силу независимо от того, будет ли ближайший полный квадрат больше или меньше исходного). Античная формула предлагает принять приближенное значение искомой стороны квадрата как среднее арифметическое между верхней и нижней границами (то есть разделить отрезок  $HK$  пополам и получить отрезок  $AQ \approx a^{0,5}$ ).



Если точность такого решения нас не устраивает, то мы повторим описанное построение еще раз (пунктирные линии на чертеже), но теперь уже вместо  $b$  примем известный отрезок  $AQ$ . Из рисунка ясно, что на втором шаге приближение

окажется существенно лучшим. При необходимости данную процедуру можно повторять сколь угодно много раз, добиваясь любой требуемой точности, хотя описанное решение сходится достаточно быстро и для практических нужд обычно хватает одной-двух итераций.

Описанный геометрический метод представляет собой не что иное, как графическое представление последовательного приближения при разложении в ряд. Если числитель и знаменатель в выражении  $a/b$  являлись большими числами, то грекам требовалось изрядно потрудиться, чтобы привести его к сумме дробей вида  $1/n$  (поскольку других они не знали), но с этой неизбежной трудностью справиться было можно.

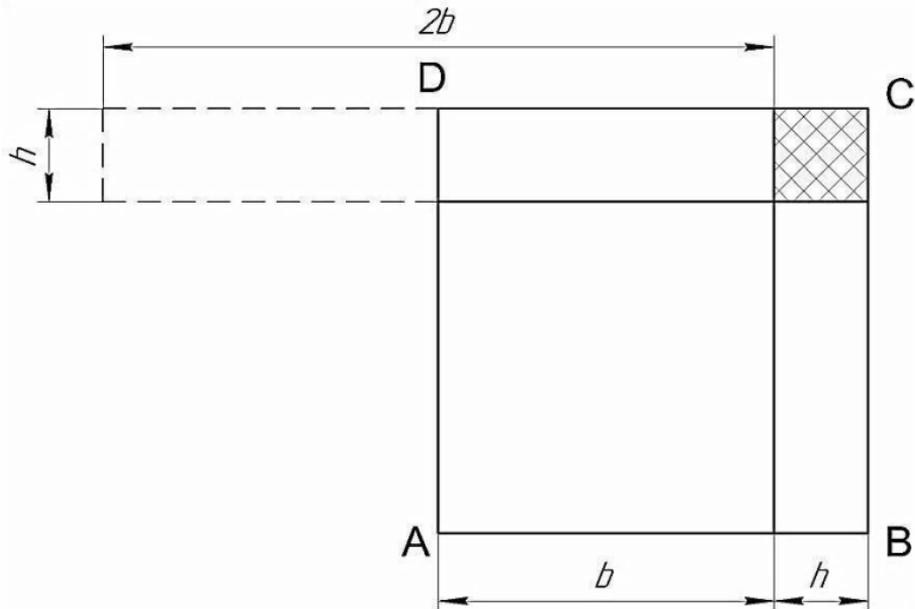
Формулу Герона для корня из  $a$  легко преобразовать следующим образом

$$\sqrt{a} = \frac{b + \frac{a}{b}}{2} = \frac{b^2 + a}{2b} = \frac{2b^2 + a - b^2}{2b} = b + \frac{a - b^2}{2b}$$

В последнем виде это выражение было известно уже вавилонянам, причем они понимали, что ответ получается неточным. Нас, однако же, не должна вводить в заблуждение простота приведенных алгебраических преобразований, поскольку в те времена еще не существовало аналогичной символической записи, а все операции над пропорциями осуществлялись графически либо устно. Скорее всего, вавило-

няне получили свою формулу независимо с помощью каких-то элементарных геометрических выкладок.

В «Началах» Евклида, а также в комментарии Теона к «Альмагесту» мы находим простое объяснение для такого способа извлечения корня. Пусть необходимо найти сторону АВ квадрата ABCD, если его площадь равна  $a$ . Разложим этот квадрат на два меньших квадрата и два равных прямоугольника, как это показано на чертеже, причем  $b^2$  примем ближайшим полным квадратом к  $a$ . Легко видеть, что площадь гномона, состоящего из двух прямоугольников и заштрихованного квадрата, равна  $a - b^2$ . Для удобства выпрямим гномон (пунктирные линии на рисунке), после чего высоту  $h$  можно определить, поделив площадь полученного длинного прямоугольника на  $2b$  (малым заштрихованным квадратом пренебрегаем). Сама искомая сторона АВ, что очевидно, равна сумме  $b + h$ . Заметим, что если  $b^2$  принять большим, чем исходный квадрат ABCD, то логика приведенных рассуждений практически не изменится, зато будет получена вторая оценка значения квадратного корня из  $a$ .



Эта формула в точно таком же виде (естественно, описанная словами безо всякой символики) встречается у жившего в XIII-XIV веках византийского математика армянского происхождения Николая Артавазда Рабды. Проиллюстрировав процедуру извлечения корня числовым примером, Рабда заключает: «Вот изложение простейшего нахождения квадратного корня. Более же точный способ нелегко для понимания, даже под руководством учителя».

Очень часто в книгах по истории науки опускаются все излагаемые тут подробности о сути греческой геометрической математики. Из-за этого может возникнуть недопонимание: как получилось, что античные и средневековые ма-

тематики не смогли открыть «элементарных» вещей и произвести «простейших» преобразований, понятных любому современному смышленому школьнику. Ответ, как теперь должно быть ясно, достаточно прост – в графическом виде такие преобразования являются чрезвычайно трудными или вовсе невозможными. Одновременно с этим становится еще более удивительным то, сколь многого удалось достичь греческим математикам, пользуясь столь неудобными средствами.

Добавим еще, что теперь уже должно стать понятно, почему ни Фалес, ни другие древнегреческие философы-материалисты не создали ничего похожего на современную физику. Даже если бы они захотели сравнивать результаты наблюдений с выводами из своих метафизических теорий, то эта задача оказалась бы им не по силам. Виной всему – ограниченность античной математики.

Разумеется, привычный для нас последовательный и строгий вид геометрия приняла далеко не сразу. Так, в V веке до нашей эры первые греческие математики творили в основном для близкого круга друзей или учеников, поэтому считалось вполне достаточным, чтобы читатели просто поняли общую суть рассуждения. Причем вместо готовых окончательных решений автор зачастую описывал весь путь своих поисков, делился ошибками и неудачными попытками. Позже, вместе с общим ростом культуры, математические тек-

сты обрели свою классическую стройность.

На самом деле нам не так уж много известно непосредственно о геометрии эллинов V и IV веков до нашей эры. Хоть эти столетия и сохранили нам целый ряд литературных памятников, но все имеющиеся тексты практически не касаются математики: встречаются лишь редкие и разрозненные свидетельства. Самые древние труды по греческой геометрии, которыми мы располагаем, созданы после походов Александра Македонского и принадлежат Евклиду, Архимеду и Аполлонию (а также Автолику из Питаны, о котором мы поговорим в главах, посвященных астрономии). Все эти люди творили, опираясь на длительную и развитую математическую традицию, и мы сейчас попробуем дать ее краткий очерк, понимая, впрочем, что некоторые вопросы до сих пор остаются спорными.

Выше уже говорилось о том, что и Фалес из Милета, и Пифагор из Самоса являлись крупными общественными деятелями, которые ездили в Египет и, видимо, обучались там геометрии, чем и снискали себе особую славу и влияние. Однако сочинения Фалеса быстро исчезли из обращения, а Пифагор вовсе ничего не писал, так что оба этих философа являются полулегендарными фигурами, и поэтому нельзя в точности понять – что именно является результатом их собственной работы, а что было приписано им задним числом. Считается, что Фалес умел исчислять высоту сооружений по длине их тени, а также мог определять расстояние от берега

до корабля, то есть в совершенстве владел теорией подобия треугольников. А вот упомянутую выше теорему о том, что треугольник, построенный на диаметре окружности, всегда получается прямоугольным, приписывают не только Фалесу, но и Пифагору. О последнем мы знаем в основном лишь различные мифические истории, причем о его авторстве в отношении знаменитой «теоремы Пифагора» нам впервые сообщает (весьма неуверенно) только неоплатоник Прокл, живший почти тысячу лет спустя.

В середине V века до нашей эры геометрия у греков уже становится предметом споров и обсуждений. Зенон Элейский подвергает ее остроумной критике, вскрывая логическую противоречивость примитивных математических взглядов, допускающих возможность делить пространство и время на мельчайшие непротяженные элементы. Протагор из Абдеры и вовсе доказывает, что отвлеченные геометрические понятия не нужны и даже вредны, поскольку не соответствуют реальной действительности (в самом деле, в быту мы едва ли ожидаем встретить линию, не имеющую вовсе никакой ширины).

С другой стороны, Анаксагор уже тогда решает уточнить перенятое у египтян значение числа  $\pi$ , для чего пытается (разумеется, безрезультатно) построить квадрат с площадью равной площади заданного круга.

# Первые идеологические споры о математике. Бесконечно малые

Настоящий расцвет ранняя греческая геометрия пережила благодаря работе Демокрита и основанной им атомистической школы. Судя по всему, все свои математические изыскания атомисты вели на базе нескольких предпосылок (лемм). Приведем здесь некоторые из них:

- *сумма бесконечно большого числа любых, даже чрезвычайно малых, протяженных величин бесконечно велика;*
- *сумма любого, даже бесконечно большого, числа непротяженных величин всегда равна нулю;*
- *точка есть то, что не имеет частей;*
- *прямая есть такая линия, которая имеет то же самое направление, что и лежащие на ней точки;*
- *плоскость есть такая поверхность, которая имеет то же направление, что и лежащие на ней прямые;*
- *прямая состоит из точек, плоскость состоит из приложенных друг к другу прямых, тело состоит из наложенных одна на другую плоскостей;*
- *если через все точки кривой провести прямые и получить ломаную линию, то эта ломаная будет тождественна исходной кривой;*
- *если некоторая величина путем прибавления или вычи-*

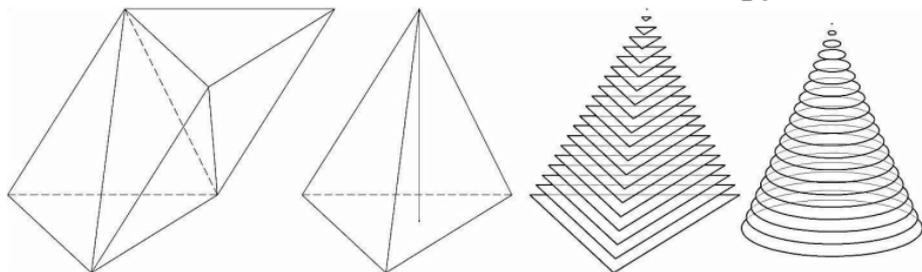
*тания может достигнуть требуемой величины, то можно утверждать, что она состоит из частиц, а все величины, состоящие из частиц, относятся друг к другу как целые числа.*

Как признавал еще Архимед, с некоторыми из этих лемм «нелегко согласиться», однако они оказались очень мощным инструментом в деле поиска и доказательства новых истин. Из двух первых лемм Демокрит выводил необходимость существования неделимых величин «амеров» (эти математические объекты не следует путать с атомами, которые являлись физически неделимыми, но могли обладать любыми размерами и допускали мысленное деление на части). Таким образом, фактически вводились понятия для примитивного интегрального исчисления.

Атомистический подход позволял легко доказать, что две любые пирамиды с равновеликими основаниями и одинаковыми высотами будут иметь равный объем. В самом деле, если нарезать пирамиду на тончайшие слои, то каждый из получившихся многоугольников одной пирамиды окажется равновеликим соответствующему многоугольнику другой. Получается, что суммы всех многоугольников, из которых состоят обе пирамиды, равны, а, следовательно – одинаковы и их объемы. Тут важно уточнить, что у сравниваемых пирамид основания могут иметь различающуюся форму, и важно лишь равенство их площадей. Аналогичные рассуждения можно привести и для призм с равновеликими осно-

ваниями и равными высотами. А поскольку, с точки зрения атомистов, круг являлся многоугольником с очень большим числом сторон, то все сказанное оказывалось справедливым также для конуса и цилиндра.

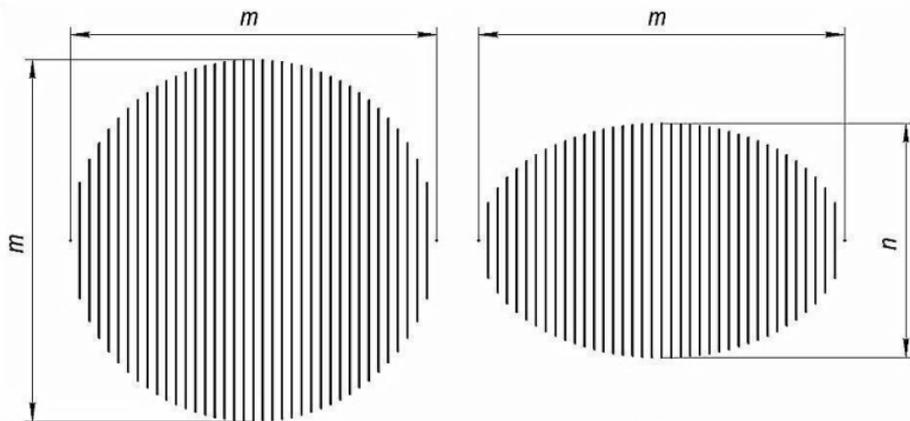
Поскольку треугольную призму легко разделить на три равновеликих пирамиды, тот объем каждой такой пирамиды равен трети объема этой призмы или же – в более общем виде – объем пирамиды и конуса равен трети произведения площади их основания на высоту. Хотя греки не вычисляли объемы по современным нам формулам, а говорили именно об отношении объемов одних тел к объемам других.



Если теперь разбить круг (бесконечноугольник) на множество чрезвычайно узких треугольников с вершиной в центре, то можно легко увидеть, что площадь круга равна половине произведения его периметра на радиус. Аналогично можно и шар (бесконечногранник) представить как совокупность тончайших пирамид с вершинами в центре, и тогда объем шара окажется равен трети произведения площади его поверхности на радиус. Вопрос о том, как определить периметр круга и площадь поверхности шара пока что оста-

вался открытым.

Похожим образом атомисты подходили к вопросу о площади эллипса, который, вслед за древними египтянами, понимался просто как сплющенный круг, все ординаты которого относятся к абсциссам как  $n/m$  (греки еще не знали декартовой системы координат, но рассуждали в точности так же). При таком определении круг и эллипс можно мысленно разделить на тончайшие вертикальные полоски, сумма которых и даст общую площадь исходных фигур. Поскольку высота каждой полоски эллипса относится к соответствующей полоске круга как  $n/m$ , то и площади фигур находятся в таком же соотношении между собой.



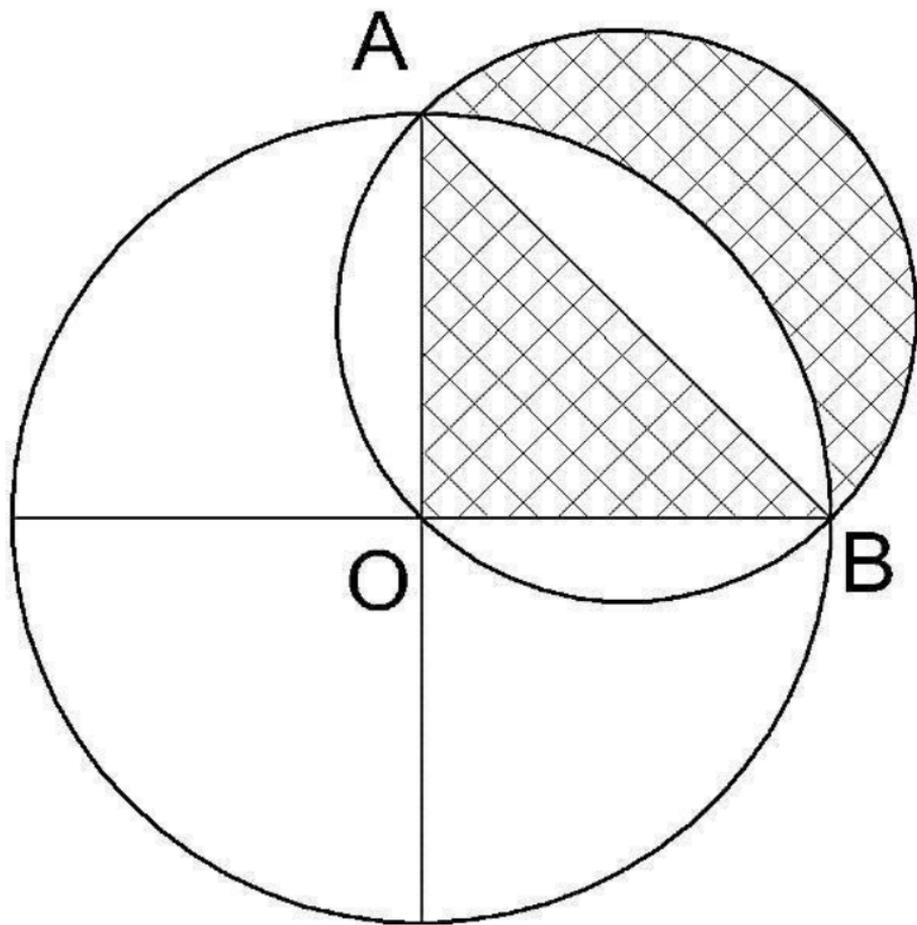
Кроме сказанного, можно косвенно предположить, что знаменитый парадокс Зенона об Ахиллесе и черепахе был направлен именно против атомистов, которые занимались суммой ряда  $1/2+1/4+1/8+1/16+\dots$  и, похоже, пришли к выводу, что она равна единице.

# Первые «Начала». Квадратура круга.

Уже в конце V века до нашей эры Гиппократ из Хиоса (неудачливый торговец, но талантливый математик, которого не следует путать его со знаменитым врачом), перебирается в Афины и составляет «Начала» – первый свод всех имеющихся геометрических знаний – который, к сожалению, дошел до нас лишь в нескольких отрывках. Из комментариев Симпликия (преподавал в Академии, когда император Юстиниан закрыл ее в 529 году) к Аристотелю мы знаем, что в центре интересов Гиппократа стояла проблема квадратуры круга. Этот ученый сумел доказать, что для некоторых серповидных фигур (луночек), ограниченных двумя круговыми дугами, можно с помощью циркуля и линейки построить равновеликие треугольники, а, значит, и квадраты.

На чертеже заштрихованы подобная луночка (возможны и другие варианты ее построения) и равновеликий ей треугольник. Докажем равенство их площадей. Из рисунка видно, что диаметр малой окружности и радиус большой связаны соотношением  $AB^2 = 2 \cdot OB^2$ . Тогда половина площади малой окружности будет равна  $\pi \cdot AB^2 / 8 = \pi \cdot OB^2 / 4$ , но площадь четверти большой окружности тоже равна  $\pi \cdot OB^2 / 4$ . Если исключить общую часть рассматриваемых площадей, то

останутся именно заштрихованные области, чье равенство и требовалось доказать.



Предполагалось, что, следуя этим путем, будет возможно построить квадрат равновеликий всему кругу, но, разумеется, эту задачу Гиппократ решить не смог.

Текст Гиппократа по стилю уже напоминает Евклида: пе-

ред нами не философская беседа, а последовательное изложение со ссылками на чертеж и ранее доказанные положения. Из этих ссылок можно заключить, что в те времена уже было известно всё, что позже войдет в I и II книгу Евклида, а также частично в III, IV и VI книги, однако постулаты и аксиомы, от которых отталкивался Гиппократ, нам неизвестны. Тем не менее, он упоминает, что площади кругов относятся как квадраты диаметров, а этот факт тогда мог быть доказан лишь атомистическим способом.

Кроме того, Гиппократ занимался и проблемой удвоения куба, указав лишь, что она сводится к необходимости вставить между двумя отрезками, один из которых вдвое длиннее другого, еще двух таких отрезков, чтобы все они находились в непрерывной пропорции. В самом деле, если имеются два отрезка с длинами  $a$  и  $2a$ , и мы сумеем найти такие  $x$  и  $y$ , что

$$\frac{a}{x} = \frac{x}{y} = \frac{y}{2a}$$

то, следовательно, имеем

$$x^3 = 2a^3$$

Разумеется, Гиппократ не смог получить точного ответа, однако сумел найти достаточно точное приближенное значение  $\sqrt[3]{2} = 1,259921$

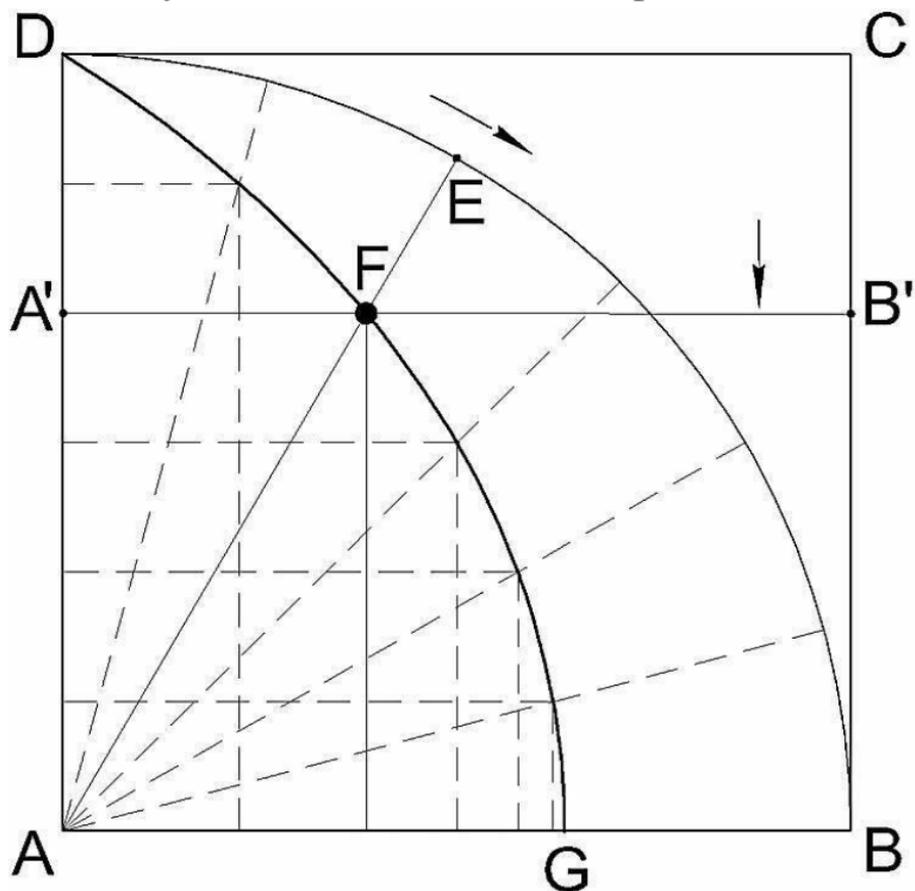
# Бесконечное приближение. Трисекция угла. Сложные кривые

Не менее интересными являются и математические достижения двух уже известных нам по предыдущим главам мыслителей-софистов второй половины V века до нашей эры: Антифона и Гиппия.

Так, Антифон, исходя из явно атомистических предположений, пытался определить площадь круга, для чего вписывал в него многоугольники, последовательно удваивая число их сторон. Данную процедуру следовало продолжать до тех пор, пока стороны многоугольника не уменьшатся до минимальных частиц, из которых состоит как прямая, так и окружность. Следующие поколения античных математиков разовьют этот подход до метода исчерпывания.

Эрудит Гиппий занимался задачей трисекции угла и, по видимому, впервые вычертил по точкам «квадратрису». Это довольно интересная и необычная кривая, которая получается следующим образом. Пусть имеется квадрат  $ABCD$ , в котором вписана четверть дуги окружности. Точка  $E$  равномерно движется по этой дуге от  $D$  к  $B$ , а отрезок  $A'E$  равномерно опускается из положения  $DC$  в положение  $AB$ , причем оба этих движения начинаются и заканчиваются одновременно. Тогда точка пересечения радиуса  $AE$  и отрезка

$A'B'$  и опишет квадратрису. Важным свойством данной кривой является то, что ординаты ее точек относятся как их полярные углы, так что с помощью данной линии легко разделить любой угол на необходимое число равных частей.



Конечно же, осуществить описанное построение с помощью лишь циркуля и линейки невозможно, поэтому предложенный Гиппием способ не являлся решением в античном

смысле.

Позже было показано, что эту же кривую можно успешно использовать и для задачи о квадратуре круга, благодаря чему линия и получила свое название. Тем не менее, имелись серьезные возражения против ее использования. Во-первых, оказывалось невозможно построить точку  $G$ , ведь в самом конце радиус  $AE$  полностью совпадает с отрезком  $A'B'$ , поскольку они оба ложатся на  $AB$ , то есть – у них нет конкретной точки пересечения. Фактически для квадратрисы точка  $G$  является пределом, но у греков отсутствовало такое понятие. Во-вторых, само построение кривой являлось приближенным, ведь для точного согласования движений точки  $E$  и отрезка  $A'B'$  требовалось заранее знать длину дуги окружности, что было невозможным до решения проблемы квадратуры круга.

# Пифагорейская математика.

## Иррациональные числа

Начиная с IV века до нашей эры, ведущая роль в греческой математике перешла к последователям Пифагора. Далеко не все из них занимались геометрией, но главные открытия были сделаны представителями именно этой философской школы. Более поздние источники приписывают пифагорейцам доказательство того, что сумма углов треугольника равна двум прямым, а также построение додекаэдра (тетраэдр и куб люди знали издревле), создание музыкальной теории и связанного с ней учения о пропорциях.

Сегодня мы осуществляем преобразования пропорций без особого труда, но это удастся нам благодаря удобной и наглядной алгебраической записи, которая является относительно новым изобретением. В античности действия с пропорциями осуществлялись устно без буквенных обозначений, что требовало огромной сосредоточенности и умения держать в голове большие объемы информации.

Попробуйте на досуге описать словами следующие правила

если  $a/b = c/d$ , то  $a/c = b/d$ ;

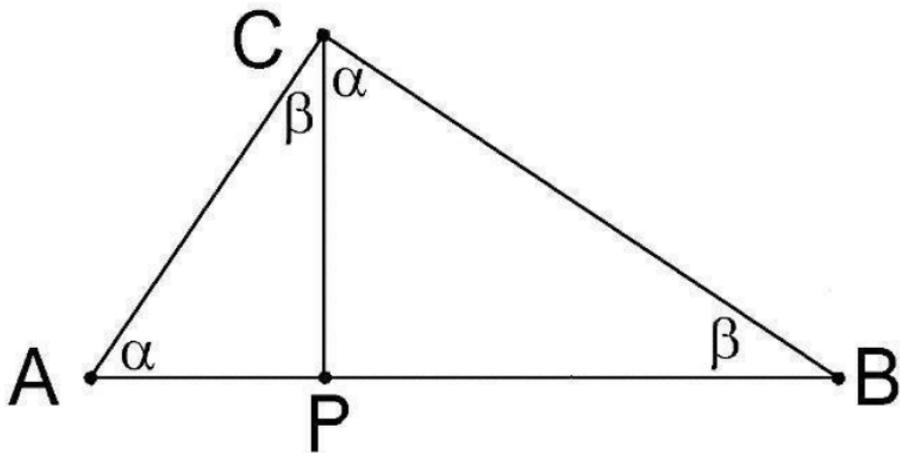
если  $a/b = c/d$ , то  $b/a = d/c$ ;

если  $a/b = c/d$ , то  $(a+b)/b = (c+d)/d$ ;

если  $a/b = c/d$ , то  $(a-b)/b = (c-d)/d$ ;

если  $a/b = c/d = e/f = g/h$ , то  $a/b = (a+c+e+g)/(b+d+f+h)$ .

С помощью теории пропорций легко доказать теорему Пифагора, которая хоть и является самой знаменитой во всей планиметрии, но точная ее история неизвестна. Итак, рассмотрим треугольник  $ABC$  с прямым углом при вершине  $C$ .



Опустим перпендикуляр  $CP$  к гипотенузе  $AB$ . Теперь исходный треугольник разделен на два меньших прямоугольных треугольника  $APC$  и  $BPC$ , причем оба они подобны исходному. В самом деле, как легко видеть, все три угла у них одинаковы. Ну, а поскольку соответствующие стороны подобных треугольников всегда пропорциональны, то мы можем записать следующие пропорции

$$\frac{AP}{AC} = \frac{AC}{AB}$$

и

$$\frac{PB}{BC} = \frac{BC}{AB}$$

Отсюда следует, что  $AC^2 = AP \cdot AB$  и  $BC^2 = PB \cdot AB$ . Складывая два этих уравнения вместе, получаем  $AC^2 + BC^2 = (AP + PB) \cdot AB = AB^2$ , что и требовалось доказать.

В «Началах» Евклида дается более сложное доказательство.

Но, пожалуй, самым важным открытием пифагорейцев оказались иррациональные числа, и прежде всего – доказательство иррациональности квадратного корня из двух. Важно помнить, что греки признавали и понимали только целые числа или целочисленные дроби. Фактически длина понималась как некоторое количество единичных отрезков. Дроби также мыслились с позиции соизмеримости. Так, например, если два отрезка находятся в отношении  $3/5$ , то для греков это означало, что один из них состоит из трех единиц длины, а другой – из пяти. Открытие несоизмеримости буквально потрясло античных математиков, ведь оказалось, что за единичный эталон нельзя принять никакую, даже самую малую, длину. Обнаружение этого факта потребовало использования нового метода – доказательства от противного с по-

следующим сведением к абсурду. Вот как это выглядело.

Из теоремы Пифагора получается, что если у квадрата длинна стороны равна 1, то длина диагонали будет равна квадратному корню из 2, который невозможно выразить целочисленной дробью. Действительно, предположим, что все же существуют такие целые числа  $p$  и  $q$ , что  $(p/q)^2 = 2$ . Также предположим, что  $p$  и  $q$  являются наименьшими числами, для которых верно данное равенство.

Очевидно, что  $p^2 = 2q^2$ , значит  $p^2$  – четное число, но тогда  $p$  тоже должно быть четным, и мы можем записать его в виде  $p = 2p'$ . Подставим это выражение в исходное равенство и получим  $q^2 = 2p'^2$ . Повторив все предыдущие рассуждения, мы получаем, что число  $q$  также четное и может быть записано как  $q = 2q'$ , откуда теперь получаем  $p'^2 = 2q'^2$  или  $(p'/q')^2 = 2$ . Мы получили противоречие исходному положению, ведь  $p'$  и  $q'$  вдвое меньше  $p$  и  $q$ , и, значит, такие числа не могут существовать вовсе, то есть квадратный корень из 2 невозможно представить целочисленной дробью.

Приведенные рассуждения легко обобщаются, так что таким же способом можно легко доказать, что, если квадратный корень из любого числа не извлекается нацело, то он иррационален.

В любом случае по геометрической концепции атомистов был нанесен удар сокрушительной силы. В самом деле, получалось, что существуют отрезки, которые не находятся в точном числовом отношении ни к какой единице длинны, то

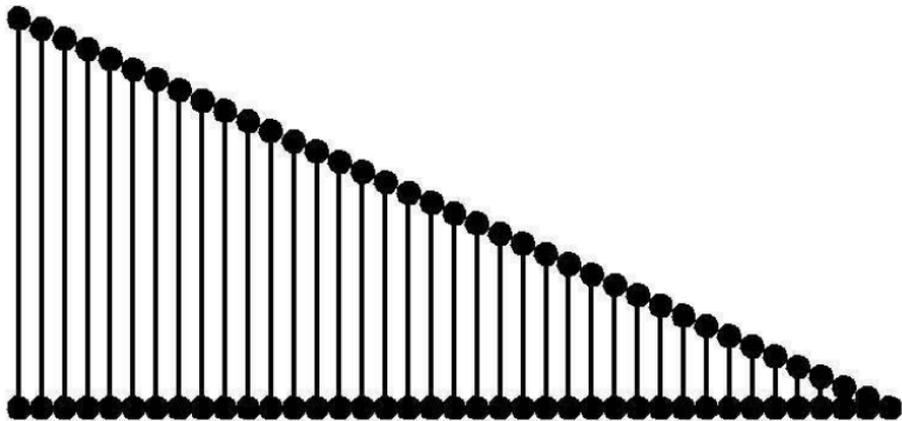
есть нет таких двух целых чисел  $p$  и  $q$ , что данный отрезок, взятый  $p$  раз, был бы равен единице длины, взятой  $q$  раз.

Положение о том, что существуют несоизмеримые величины, привело греческих математиков к убеждению, что числа являются не совсем «хорошими» вещами, поэтому геометрию следует развивать независимо от них. Пифагорейцы же посчитали, что информацию о существовании иррациональности вовсе не следует сообщать другим людям, и, по легенде, даже убили своего сородника Гиппаса за то, что тот все-таки разгласил эту тайну.

# Разгром атомистической математики

После открытия несоизмеримых величин математика атомистов быстро потеряла почти всех сторонников. Поражение в области геометрии привело к тому, что всё учение Демокрита было предано забвению как ошибочное. Сочинения атомистов почти перестали копировать и читать.

Атомистическая математика действительно не была достаточно строгой, поэтому против нее и ранее выдвигался целый ряд возражений, часть из которых оказывалось не так-то просто опровергнуть. Рассмотрим одно из таких. Предположим, что треугольник действительно состоит из множества приложенных друг к другу прямых. Пусть они будут параллельны одному из катетов. Тогда, каждая из этих прямых пересечет другой катет и гипотенузу в точке, причем ясно, что таких точек окажется равное число и на катете, и на гипотенузе. Но, поскольку прямые линии состоят из точек, то получается, что катет равен гипотенузе, а это абсурдно.



Теперь математикам идеалистического лагеря – пифагорейцам и примкнувшим к ним платоникам – потребовалось дать новый взгляд на геометрию, который в итоге оказался основополагающим на два следующих тысячелетия. Эта новая математика рождалась в ходе яростной борьбы с материализмом, поэтому изменился сам характер аргументации. Геометры V века до нашей эры видели в читателях своих соратников, с которыми можно было делиться мудростью в форме дружеской интеллектуальной беседы. Теперь же всё изменилось – читатель превратился в яростного противника, который готов ухватиться за любую неточность и обрушить на соперника жестокую критику. А потому авторы математических работ перестали делиться секретами своего мастерства и рассказывать о том, как им удалось получить ту или иную теорему. Требовалось лишь безукоризненно строго доказать, что предлагаемое решение является истинным.

Тут математикам как нельзя лучше подошли проверенные временем риторические приемы, которые греческие софисты разрабатывали для юридических целей. К этому моменту накопилось множество примеров эффектных судебных речей, где обвиняемый тщательно разбирал предполагаемую картину своего преступления, рассматривал ее со всех сторон и доказывал, что она в принципе невозможна, ибо каждое логическое следствие из неё приводит к противоречию, то есть – к абсурду.

Античные математики стали выстраивать аргументацию подобным же образом. Они выдвигали некоторый тезис, а затем начинали доказательство от противного: полагали данный тезис ложным и делали цепь логических выводов, которая приводила к невозможному следствию или противоречию с исходными данными – то есть сводили начальное допущение к абсурду. В результате не оставалось ничего иного, кроме как признать, что изначально выдвинутый тезис является верным.

В результате математика стала более строгой, но потеряла созидательную составляющую. Метод сведения к абсурду годился для проверки уже известных либо угаданных решений, но никак не помогал в нахождении новых истин. Более того, со временем начали забываться даже старые способы получения уже существующих теорем, ведь в новых книгах они не рассматривались, а готовое решение давалось безо всякой связи с другими задачами.

Также под влиянием пифагорейцев и Платона из новой математики были изгнаны всякие прикладные вычисления и расчеты реальных длин, площадей и объемов. Все это стало уделом презируемого ремесла – логистики. Геометрия же превратилась в науку об отношениях (пропорциях), но не об измерениях.

# Математика и музыка

Учение о пропорциях само по себе являлось достаточно мощным инструментом для познания мира. Важно было лишь найти ему верное применение. Так, судя по всему, первым физическим явлением, которое действительно серьезно изучили с математической стороны, оказалась музыка. В поздние времена эту заслугу стали приписывать Пифагору, но, вероятнее всего, исследования все же проводили его ученики и последователи. Они обратили внимание, что две одинаковые и равно натянутые струны лишь тогда издают совместное приятное звучание, когда их длины соотносятся как небольшие целые числа. Особенно, если отношения равны 1:2, 2:3 и 3:4. В первом случае, когда одна струна вдвое короче другой, обе они издают одну и ту же ноту в соседних октавах. В двух других случаях получаются различные, но гармонично звучащие ноты с интервалом соответственно в квинту или в кварту. Всё это, как говорят музыканты, идеальные созвучия – консонансы (или по-гречески «симфонии»). Если же длины струн имеют более сложные пропорции, либо вовсе не попадают в отношения целых чисел, то получаются менее приятные или даже резкие и режущие ухо звуки – диссонансы (диафонии). Кроме того оказалось, что консонансы достигаются в случаях, если одинаковые струны натягивать с

помощью грузов, чьи веса соотносятся как квадраты небольших целых чисел.

Это было поразительное открытие: оказывается, естественные процессы (колебания струн) и ощущения прекрасного (реакция наших органов чувств) напрямую связаны с математикой. Сейчас мы понимаем, что дело тут в частоте колебаний каждой струны и совпадении обертонов, но пифагорейцы ничего из этого не знали. Суть рассматриваемого явления оставалась непонятной вплоть до XVII века, когда исследования французского священника и естествоиспытателя Марена Мерсена позволили, наконец, дать верное объяснение. Впрочем, всё это не помешало пифагорейцам уверовать в то, что вселенную можно описать математически. Такая, казалось бы, здравая идея, на деле получила весьма ограниченное воплощение – никто не считал нужным отыскивать в природе еще какие-либо виды числовых соотношений. Наоборот, математика оказалась на века крепко связана с музыкой, а всё мироустройство заведомо помещено в рамки простых числовых пропорций. Их пытались увидеть везде, где только можно, и любые результаты безжалостно подгонялись под «музыкальную гармонию». Такой сомнительный подход имел долгую жизнь и особенно сильно повлиял на астрономию, о чем мы поговорим в соответствующей главе.

# Платонизм в математике

Вообще говоря, влияние Платона на геометрию (как и на всю философию в целом) носило сугубо реакционный характер. Сам он не проявил особых способностей в этой области, однако, с восторгом относился к математикам. По легенде над входом в Академию висело предупреждение «Не геометр да не войдет!» (этот текст, вероятно, носил во многом сословный характер, намекая и на то, что арифметика – удел простонародья и купцов, а не почтенных землевладельцев). Для Платона, считавшего геометрические истины врожденными нашей душе, математика стала основанием для всяческих мистических построений. В центре внимания его оказались правильные многогранники (не имеющие почти никакого реального значения), теория пропорций и учение о несоизмеримых величинах. Последний вопрос особо занимал Платона, считавшего постыдным общее невежество в этой области.

Самый талантливый математик Академии и ученик Платона по имени Теэтет открыл октаэдр и икосаэдр, а также доказал, что существует лишь пять правильных многогранников. Позже увлечение правильными многогранниками найдет отражение и в книгах Евклида.

Друг Платона, пифагореец, государственный деятель и

военачальник Архит Тарентский нашел невероятно изящное решение задачи об удвоении куба, отыскав точку пересечения цилиндра, конуса и тора. Переход к стереометрическим построениям, разумеется, требовал отказа от использования только лишь циркуля и линейки, но зато позволял графически решать уравнения высших степеней (линия пересечения тора с цилиндром является кривой восьмого порядка). Таким путем Архит открыл конические сечения: параболу и гиперболу (об эллипсе знали и раньше).

# Геометрическая теория чисел. Метод исчерпывания. Евдокс

Однако наиболее выдающимся математиком IV века до нашей эры оказался Евдокс из города Книда. Несмотря на бедность, голод и нужду, он находил средства, чтобы обучиться математике в Египте у жрецов, в Италии у Архита, в Афинах у платоников и еще в ряде мест античного мира. Сочинения самого Евдокса не сохранились, но он упоминается у ряда поздних авторов, а многие его результаты приведены в «Началах» Евклида.

Главной целью Евдокса стало создание такого геометрического аппарата, который бы сделал все рассуждения и доказательства неоспоримыми и убедительными для каждого человека. Для этого без всякой опоры на какую-либо философскую концепцию давался ряд аксиом, из которых далее логически выводилось всё остальное.

Выбранный Евдоксом подход оказался плодотворным. До него греки оперировали лишь целыми числами, а он постулировал, что величины имеют отношение, если они, взятые кратно, могут превзойти друг друга. Это снимало открытую пифагорейцами проблему несоизмеримости и фактически являлось геометрической интерпретацией вещественных чисел. Сам Евдокс, впрочем, работал лишь с отрезками,

площадями или объемами и не рассматривал их отношения как количества, которыми считают предметы.

Однако важнейшим достижением Евдокса являлась разработка метода исчерпывания (название появилось лишь в новое время, а у греков этот метод не имел отдельного наименования). Суть всех построений тут была сходной с тем, что предложил еще Антифонт – в фигуру вписывались многоугольники со все большим числом сторон, пока вся ее площадь не исчерпывалась – однако само решение получалось как бы из ниоткуда, а его верность обосновывалась путем ложного предположения и приведения к абсурду. Таким способом Евдокс сумел дать логически точное доказательство формул для объема пирамиды, конуса и шара, которые ранее были найдены атомистами.

За основу метода исчерпывания Евдокс взял следующую аксиому: *Избыток, на который большая величина превышает меньшую, можно сделать, складывая его с самим собой большим, чем какая бы то ни было заранее заданная конечная величин.* Из этой аксиомы вытекала теорема: *Если от данной величины мы отнимем половину или большую часть, и будем продолжать так поступать раз за разом, то, в конце концов, получим остаток, который будет меньше сколь угодно малой величины.* Иными словами, если  $a$  больше  $b$ , то имеется такое целое число  $n$ , что  $(a/2n) < b$ . Отсюда прямо следует важное положение античной геометрии: линия не

состоит из точек и величины могут быть делимы до бесконечности.

Метод исчерпывания иногда приводит к точному результату, а иногда лишь к сколь угодно близкому приближению. Для примера рассмотрим доказательство того, что площади кругов относятся как квадраты их диаметров. Рассмотрим два круга  $ABCD$  и  $EZHГ$ . Обозначим их площади буквой  $S$ .

Предположим, что

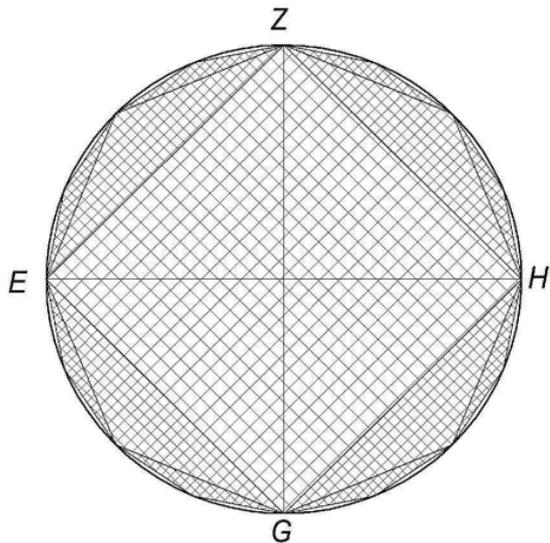
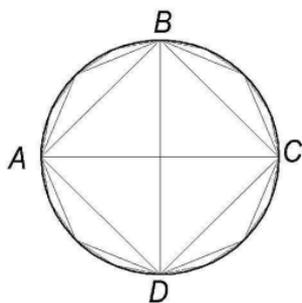
$$\frac{S_{ABCD}}{S_{EZHГ}} \neq \frac{BD^2}{ZГ^2}$$

тогда, очевидно, имеем

$$\frac{BD^2}{ZГ^2} = \frac{S_{ABCD}}{K}$$

где  $K$  либо больше, либо меньше  $S_{EZHГ}$ .

Допустим, что  $K$  меньше  $EZHГ$ . Впишем в круг  $EZHГ$  многоугольник  $W$  (вся заштрихованная область на рисунке), последовательно полученный из вписанного квадрата, и равнобедренных треугольников, достроенных на каждой стороне квадрата, а также – множества равнобедренных треугольников, достраиваемых на каждой получаемой стороне.



Несложно показать, что на каждой итерации достраивания многоугольника  $W$  мы заштриховываем больше половины оставшейся площади круга. На основании приведенной выше теоремы достраивание можно продолжать до тех пор, пока площадь многоугольника  $W$  не станет больше чем  $K$  (то есть разница между площадью круга и многоугольника  $W$  не станет меньше, чем разница между площадью круга и  $K$ ).

Теперь впишем в круг  $ABCD$  многоугольник  $V$ , подобный многоугольнику  $W$ . Известно, что площади подобных многоугольников относятся, как квадраты диаметров описанных окружностей

$$\frac{S_V}{S_W} = \frac{BD^2}{ZG^2}$$

Поскольку умы предположили, что

$$\frac{BD^2}{ZG^2} = \frac{S_{ABCD}}{K}$$

то теперь имеем

$$\frac{S_V}{S_W} = \frac{S_{ABCD}}{K}$$

или же

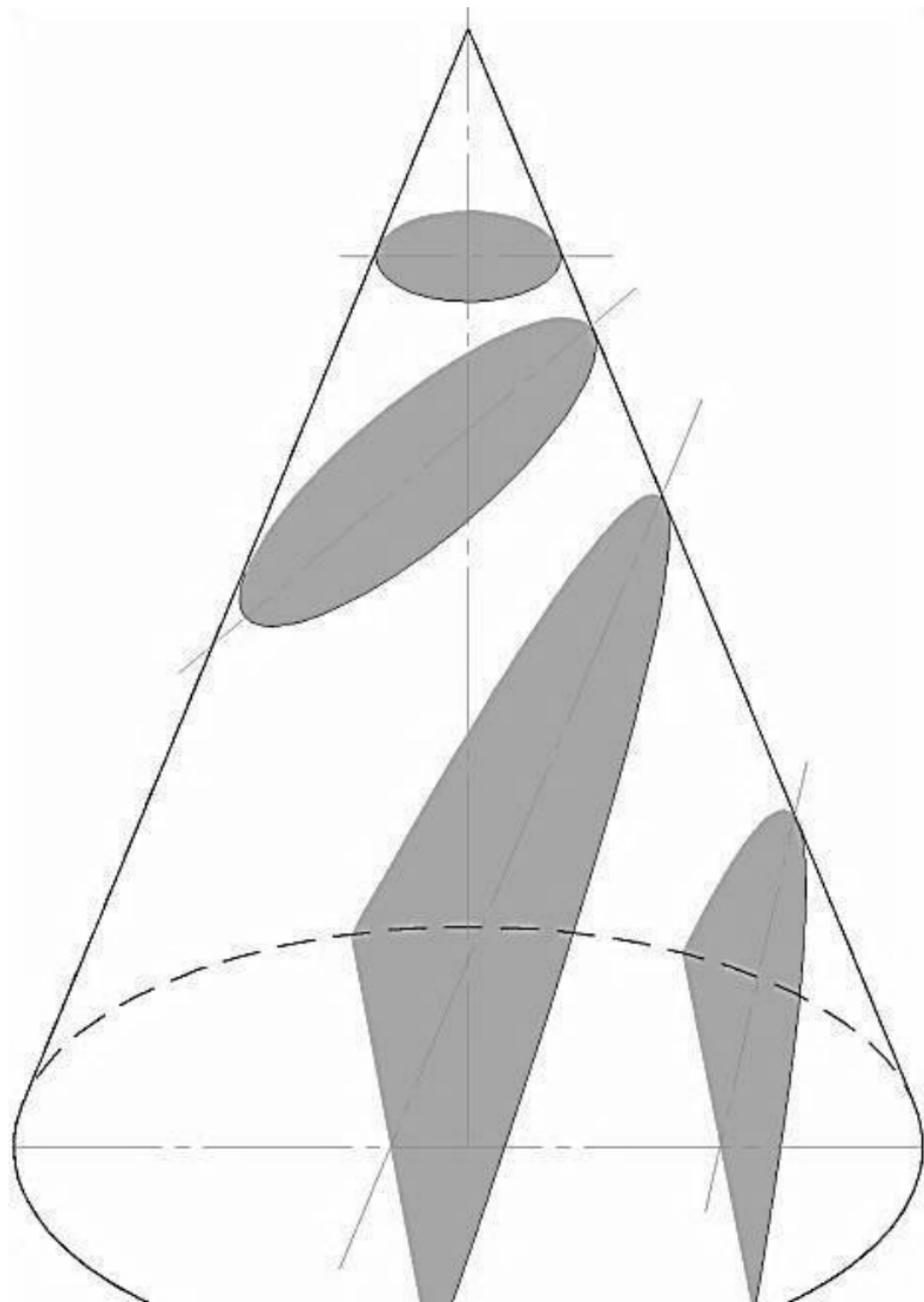
$$\frac{S_V}{S_{ABCD}} = \frac{S_W}{K}$$

Но площадь многоугольника  $V$  в любом случае хоть немного, но меньше описанной вокруг него окружности  $ABCD$ , а вот площадь многоугольника  $W$  просто по построению больше  $K$ . Таким образом левая часть пропорции меньше единицы, а правая часть – больше единицы, что абсурдно.

Аналогичным способом можно доказать, что  $K$  также не может быть больше  $S_{EZHNG}$ , а значит  $K = S_{EZHNG}$ , что и требовалось доказать.

# Конические сечения

Ученик Евдокса и член Афинской Академии по имени Менехм первым дал связное учение о конических сечениях, хотя, как мы помним, многое о них уже было известно и ранее. В зависимости от того, как именно мы будем рассекать конус, можно получить в сечении окружность, эллипс, параболу или гиперболу. Изначально кривые второго порядка вводились как параллельное образующей плоское сечения отдельно прямоугольного (парабола), тупоугольного (гипербола) и остроугольного (эллипс) конусов.



Занимаясь удвоением куба, Менехм дал два решения: пересечением двух парабол и пересечением параболы и гиперболы. Понять эти решения несложно. Для удвоения куба необходимо извлечение корня третьей степени, которое невозможно осуществить с помощью циркуля и линейки, однако, если мы добавим к прямым и окружностям еще и конические сечения, то проблема разрешится довольно легко. Так, если нам требуется получить корень уравнения  $x^3 = a$ , то в первом случае необходимо найти точку пересечения двух парабол  $x^2 = ay$  и  $y^2 = 2ax$ . Во втором случае нужно отыскать точку пересечения параболы  $y = x^2$  и гиперболы  $y = a/x$ . В обоих случаях решением будет точка с абсциссой  $x = a^{1/3}$ .

Правда, греки не пользовались алгебраическими обозначениями и не записывали уравнения кривых, однако их словесные описания и графические построения были достаточно близки к современным.

# Краткие итоги первого этапа развития греческой математики

Такова была, в общих чертах, та математическая традиция, с которой греки вступили в эпоху эллинизма. Некоторая сложность изложенного материала не должна смущать читателя, но наоборот – призвана показать, насколько высоко поднялась античная геометрическая мысль (мы коснулись здесь лишь немногих самых интересных моментов). Именно на этом фундаменте создавали свои труды такие заслуженные мастера, как Евклид, Архимед и Аполлоний, о которых мы поговорим в следующей главе. Конечно, полная геометризация всей математики являлась, с современной точки зрения, неудачным решением, которое чрезмерно усложнило всякие операции и преобразования. Евклиду приходилось отдельно доказывать для чисел всё то же самое, что перед этим было доказано для длин отрезков. Однако, поскольку адекватной арифметической теории несоизмеримых величин просто не существовало, то выбранная дорога казалась наилучшей из возможных. Когда Рене Декарт, два тысячелетия спустя, вновь возвращал арифметику на первое место, он просто предположил, что проблему несоизмеримости решат когда-нибудь в будущем.

Другим важным следствием открытия иррациональных

величин оказалось забвение примитивных методов анализа, которые хоть и были неточны, но зато позволяли получать новые знания. Отказ от метафизических «неделимых» в пользу логической строгости имел результатом то, что процедура математического творчества оказалась полностью выхолощенной. Метод исчерпывания хоть и являлся мощнейшим инструментом для безупречных доказательств, но при этом сам по себе не обогатил геометрию ни одной новой истиной. Отныне математикам оставалось лишь до блеска отшлифовывать аргументацию, выстраивая безупречные обоснования старых теорем. Времена математического созидания и поиска сменились долгим периодом обобщения и подведения итогов.

# ГЛАВА ДЕСЯТАЯ. СВЕДЕНИЕ К АБСУРДУ

## «Начала» Евклида

Само становление греческой математики служит яркой иллюстрацией того, как творческая научная мысль становится лишь отражением протекающих в обществе процессов. В нескольких предыдущих главах мы проследили историю античной геометрии как раз до времени походов Александра, после которых мир эллинов радикально преобразился. Наступило время подведения промежуточных итогов. И отныне не было иного места, где условия для подобной работы оказались бы лучше, чем в Александрии.

Уже первый математик Музея – Евклид, о жизни которого ничего неизвестно, – составил так называемые «Начала», объединившие почти всю накопившуюся геометрическую мудрость в единый учебный курс. Данный труд опирался на сочинения Гиппократы Хиосского и Евдокса, поэтому содержал мало нового, зато отличался логической последовательностью и стройностью изложения, а потому быстро вытеснил все предыдущие руководства и учебники. Старые

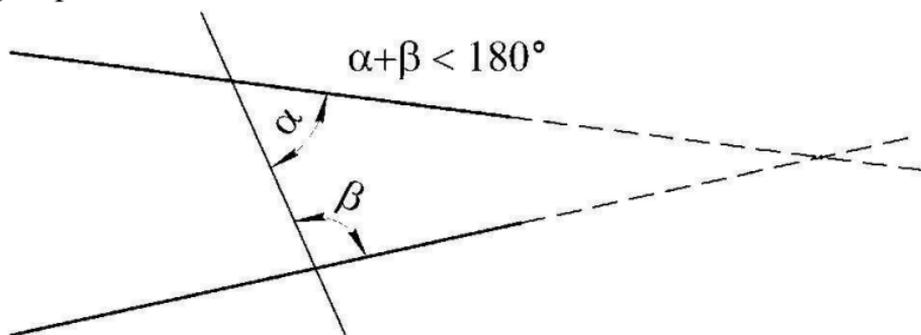
математические сочинения (включая разнообразные «Начала» более ранних авторов) больше не переписывались, и уже к первому веку нашей эры они полностью исчезли из обращения. Лишь от некоторых сохранились краткие отрывки, чаще всего в виде цитат и упоминаний.

Общая цель Евклида заключалась в том, чтобы дедуктивно построить систему рассуждений на базе небольшого числа определений и аксиом. Для своего времени он блестяще справился с поставленной задачей: на две тысячи лет его работа стала настольной книгой для каждого европейского математика. Современному же читателю «Начала», скорее всего, покажутся сухим и переусложненным текстом, в котором полностью отсутствуют общие слова и авторские замечания, зато много повторений и непривычные термины. Методология Евклида не подразумевала никакой проверки исходных предположений, но текст «Начал» оказался настолько удачным, что принятые там аксиомы и постулаты считались единственно возможными вплоть до XIX века, когда Лобачевский, наконец, показал, что только наблюдение способно помочь нам определить каковы же они в действительности.

Структурно «Начала» разделены на 13 книг (глав), каждая из которых посвящена своему вопросу.

Книга I содержит основные определения, постулаты (допущения), аксиомы (интуитивно понятные положения) и предположения (задачи, где нужно что-либо построить, или

теоремы, в которых требуется что-либо доказать). Особо большой интерес представляет пятый постулат Евклида, звучащий следующим образом: «Если прямая, пересекающая две прямые, образует внутренние углы суммой меньше двух прямых, то будучи неограниченно продолженными эти две прямые пересекутся с той стороны, где сумма углов меньше двух прямых».



Из данного утверждения непосредственно следует, что через не лежащую на какой-либо прямой точку, можно провести лишь одну прямую параллельную исходной. На отрицании именно этого положения и построена геометрия Лобачевского.

Другие четыре постулата Евклида почти банальны, поскольку гласят, что через две точки можно провести прямую, что всякая прямая не имеет концов, что вокруг любой точки можно описать круг, а все прямые углы равны между собой. Пятый же постулат, как видно, совсем не так прост. Необходимо признать большую прозорливость того грека (едва ли это был сам Евклид), который впервые осознал необхо-

димось внести это нетривиальное положение в число обязательных допущений.

Предложения книги I начинаются с построения равнобедренного треугольника на заданной стороне и заканчиваются теоремой Пифагора (безо всякого указания ее авторства), причем показывается именно равенство площадей квадратов, построенных на гипотенузе и катетах. Заметим заодно, что под равенством фигур Евклид всегда понимает именно равенство площадей, тогда как то, что считаем равенством мы, называлось у него «равенством и подобием».

II книга Евклида посвящена геометрической алгебре, то есть графическим вычислительным приемам, которые мы уже достаточно подробно рассмотрели в предыдущих главах. Напомним еще раз, что это был единственный известный грекам способ «работы с формулами», если не считать их словесного описания.

В III книге говорится о свойствах окружностей, хорд, касательных и построенных на них углов; IV книга посвящена правильным многоугольникам; V книга рассказывает о теории пропорций, учитывающей несоизмеримые величины (то есть приводит теорию Евдокса об иррациональных); в VI книге рассматриваются в основном задачи о площадях параллелограммов (здесь же приводится уже известный нам графический способ решить квадратное уравнение); книги VII-IX посвящены теоретической арифметике, причем затрагивают лишь натуральные числа; книга X рассматривает

различные виды иррациональностей.

Книга XI посвящена основам стереометрии, а также тем телам, для вычисления объемов которых не требуется использовать предельный переход (то есть обращаться к математике атомистов). Поскольку для пирамиды, конуса и шара невозможно определить объемы (либо их отношения) без использования понятия бесконечно малых, то в XII книге Евклид решает эти задачи классическим методом исчерпывания: вписывает фигуры со всё увеличивающимся числом сторон, а затем сведением к абсурду показывает, что заранее известное ему решение является верным. Последняя XIII книга посвящена правильным Платоновым многогранникам.

Во всех тринадцати книгах «Начал» мы не встретим ни единого слова о практическом использовании геометрии или о прикладных приемах счета. Там опущены даже весьма популярные у греческих математиков вопросы квадратуры круга и отношения длины окружности к ее диаметру, поскольку интерес к ним возник из практических вопросов измерения. Более того, Евклид отказывается от привычного тогда слова «тело», заменяя его новым и менее приземленным термином «твердая форма». Отсутствует и понятие наложения фигур, ведь оно предполагает движение. Также в «Началах» отсутствует понимание того, что одни фигуры являются просто предельными формами других: для Евклида

треугольник не является многоугольником с тремя углами, а квадрат не считается параллелограммом, поэтому многие общие теоремы повторно доказываются для частных случаев.

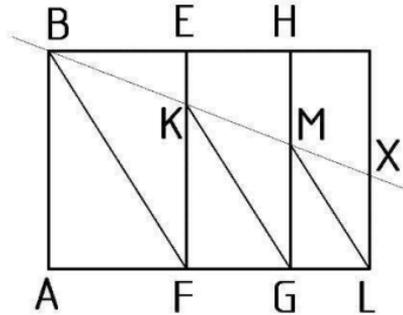
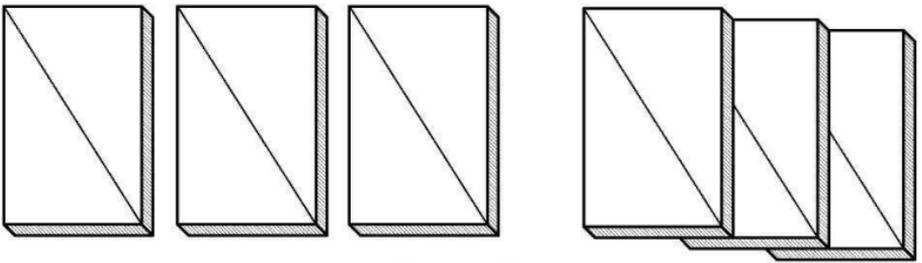
Все эти признаки явно говорят нам о глубоком влиянии Платона и Аристотеля на мышление Евклида, и именно так далее станут думать почти все эллинистические геометры. Сами же «Начала» можно рассматривать как развернутое учение о построении пяти правильных многогранников, играющих важную роль в идеалистическом платоновском учении. Как мы помним, согласно диалогу «Тимей», они соответствуют четырем основным элементам и вселенной.

Практичные римляне проявляли мало интереса к теоретической геометрии, поэтому первый латинский перевод «Начал» появился лишь спустя несколько столетий – это так называемая «Геометрия» Боэция, который жил в V-VI веках нашей эры. Впрочем, сам перевод Боэцию не принадлежит и возможно был сделан намного позже. Восточные народы, напротив, оказались более предрасположены к абстрактным наукам, и после того как византийский император подарил арабскому халифу экземпляр книги Евклида, ученые из багдадского Дома мудрости сделали перевод на арабский язык, распространив его по всему исламскому миру.

# Математические механизмы. Объемные места. Эратосфен

Безусловно, «Начала» являются вершиной античной математической мысли, но с их появлением греки, разумеется, не перестали делать новых открытий. Выше уже говорилось, о популярности ряда задач, которые хоть и не требовали недозволенного обращения к неделимым, но при этом не могли быть решены с помощью циркуля и линейки. Иными словами, решения этих задач не являлись корнями уравнений первой и второй степеней. Циркуль и линейка, как мы помним, оказались бессильны при рассмотрении проблемы удвоения куба, а также построения трисекции угла и квадратуры круга. Данные задачи потребовали создания новых более сложных инструментов и приспособлений.

Одним из таких математических механизмов стал изобретенный главой Александрийской библиотеки Эратосфеном прибор под названием мезолябия (улавливатель средних величин). Это достаточно простое, но одновременно хитроумное устройство состояло из трех одинаковых тонких прямоугольных пластинок с проведенной на них диагональю. Пластинки требовалось расположить одну поверх другой и выдвигать нижние из-под верхних. Для удобства можно было использовать специальные деревянные направляющие.



Мезолябия позволяла находить средние пропорциональные отрезки, и мы уже показали, что это автоматически давало решение задачи об удвоении куба. В самом деле, если сдвинуть пластинки так, чтобы точки В, К и М оказались на одной прямой, то легко показать, что

$$\frac{AB}{FK} = \frac{FK}{GM} = \frac{GM}{LX}$$

откуда после несложного преобразования получаем

$$\frac{GM^3}{LX^3} = \frac{AB}{LX}$$

Теперь, если мы сумеем подобрать такое положение пластинок, чтобы отрезок LX составлял ровно половину от АВ,

то, очевидно, получим  $GM^3 = 2 \cdot LX^3$ , то есть GM будет стороной удвоенного куба со стороной LX. Делосская задача решена!

Поиск этого решения долгое время интересовал честолюбивого Эратосфена. В юности он получил блестящее образование в Александрии и Афинах, а его выдающаяся энциклопедическая эрудиция способствовала тому, что в 245 году до нашей эры египетский царь Птолемей III Эвергет пригласил ученого к своему двору. Через несколько лет Эратосфен стал руководителем Александрийской библиотеки и занялся ее активным развитием. Новые тексты не только приобретались за огромные деньги, но и силой изымались для переписывания с проходящих в порт кораблей (обратно на руки выдавалась не оригинальная рукопись, а сделанная с нее копия). Отдельная группа специалистов изучала исключительно поэмы Гомера, сличая и трактуя каждое слово и каждую букву в различных вариантах записанных текстов.

Одновременно с этим Эратосфен не прекращал исследований по астрономии и математике. Сконструировав мезолябию и убедившись в правильности своего решения, он поставил благодарственный мраморный столб в храме высшего придворного божества (им являлся основатель династии Птолемей I), а также подробно изложил свое открытие в письме к Птолемею III, которое сохранилось вплоть до наших дней.

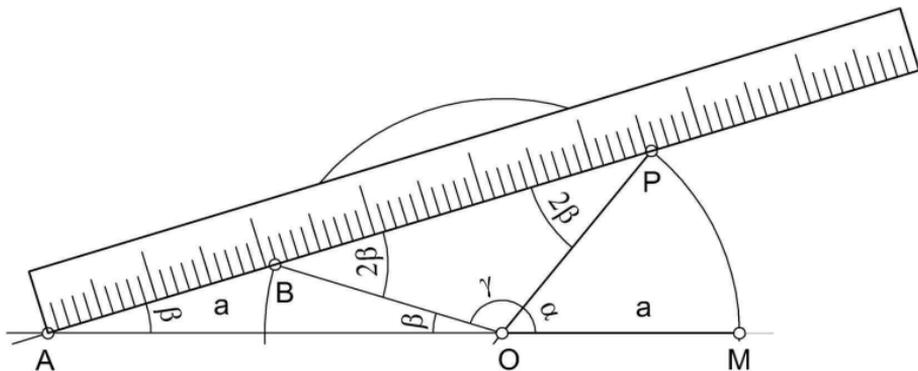
О других же математических сочинениях Эратосфена осталось крайне мало информации: в полном объеме известен лишь небольшой отрывок, где дается простейший способ составления таблицы простых чисел (известное нам еще со школы «решето»). Об остальных текстах ученого мы знаем по упоминаниям, и можем восстановить их содержание только косвенно. Так, произведение «Платоник» было посвящено пропорциям, гармонии и музыке, занимавшим огромное место в учении самого Платона, полагавшего, будто эти вещи учат людей пониманию превосходства геометрического равенства (когда права соответствуют достоинству человека) над арифметическим (когда у всех одинаковые права).

Также именно со слов Эратосфена известно, что Платон не признавал метод объемных мест, когда решения задач отыскиваются с помощью пересечения трехмерных тел. Подобный подход низводил математику к брэнному чувственному миру, вместо того, чтобы возвышать наш разум до общения с вечным и бестелесными идеями. Эта авторитетная точка зрения надолго укрепилась в эллинских умах, и сам Эратосфен, похоже, полностью ее разделял. Именно поэтому вместо конических сечений он предлагал компромиссный вариант – подвижные механизмы, при использовании которых вполне можно было обходиться построением лишь прямых и окружностей. В таком случае точки пересечения кривых второго порядка отыскивались завуалированным об-

разом, не требующим прибегать непосредственно к построению эллипсов, парабол или гипербол. Данный метод был известен грекам задолго до Эратосфена, который в лучшем случае оказался первым, кто действительно начал конструировать и реально использовать такого рода устройства. Впрочем, всякое движение также не одобрялось Платоном, поэтому механические приборы считались нежелательными и допускались лишь только, если иные способы не давали решения.

Самый простой геометрический механизм выглядит удивительно просто: на линейке отмечают две точки, отдаленные на заданное расстояние, затем в определенное место вставляют гвоздик, прижимают к нему линейку и поворачивают ее так, чтобы две отмеченные точки оказались одновременно на двух заданных кривых.

Для примера рассмотрим задачу о трисекции угла. Пусть имеется некоторый угол  $\alpha$ . Построим такой угол  $\beta$ , чтобы  $\alpha = 3\beta$ . Обозначим вершину угла  $\alpha$  точкой  $O$  и проведем произвольную окружность с центром в этой точке. Лучи угла  $\alpha$  пересекут окружность в точках  $M$  и  $P$ .



Обозначим длину отрезка  $OM$  за  $a$ . Продлим отрезок  $OM$  на некоторое расстояние. Теперь возьмём линейку и отметим на ней отрезок  $AB$  длиной  $a$  (то есть  $AB = OM$ ). Далее прислоним линейку к точке  $P$  и будем поворачивать линейку так, чтобы точка  $A$  оказалась на прямой  $OM$ , а точка  $B$  на дуге окружности. В результате мы получим угол  $BAO$ , равный трети исходного угла  $\alpha$ .

Доказать правильность такого решения несложно. Все построенные на чертеже треугольники являются равнобедренными, со сторонами равными радиусу окружности. Кроме того угол  $PBO = 2\beta$ , поскольку является внешним углом треугольника  $ABO$ . В треугольнике  $BPO$  угол  $\gamma = 180 - 2\beta - 2\beta = 180 - 4\beta$ . С другой стороны угол  $AOM$  развернутый, поэтому  $\gamma = 180 - \beta - \alpha$ . Отсюда следует, что  $\alpha = 3\beta$ , а это и требовалось доказать.

Разумеется, мезолябия (как и другие механизмы) давала точные решения лишь в теории, поскольку на практике ока-

зывалось очень трудно выставить пластинки в требуемое положение. Неудивительно поэтому, что греки не удовлетворились подобными техническими средствами и все-таки окончательно ввели в геометрию объемные геометрические места. Вместо пересечения прямых и окружностей теперь рассматривались линии пересечения цилиндров, конусов, шаров и плоскостей, в результате чего возникали кривые высших порядков. Отдельное, не дошедшее до нас сочинение Евклида было посвящено как раз коническим сечениям, которые хоть и не одобрялись Платоном, но имели тогда сугубо теоретическое значение, а потому все-таки считались приемлемыми.

Изначально греки действительно рассматривали пересечения реальных трехмерных фигур, но уже Менехм и Евдокс знали, что во всех рассматриваемых случаях получается несколько вполне определенных кривых, которые можно вычерчивать на плоскости по определенным правилам. По своей сути эти правила являлись аналогом наших современных уравнений. Сложность математических изысканий теперь существенно возросла, однако никто не предполагал, что эти вопросы могут принести когда-нибудь реальную практическую пользу. Лишь в XVII веке Кеплер открыл, что планеты движутся по эллипсам, а Галилей показал, что пушечные ядра летят по параболам. Греки изучали кривые высших порядков исключительно из любознательности или тщеславия, либо же из стремления постигнуть высшие фи-

лософско-мистические истины. Образованные греки не видели (да и не могли увидеть) вокруг себя ничего, что требовало бы использования всей мощности доступного им математического аппарата. Но коль скоро подходящих для изучения объектов не удавалось отыскать на Земле, эллины обратили свои взоры на небо.

# Математические интересы Архимеда

Особый интерес такого рода построения вызывали у Архимеда, который достиг удивительных высот в математических исследованиях. Он, в отличие от Евклида, являлся оригинальным мыслителем, направившим всю мощь своего гения на неустанный поиск новых истин и последующую пропаганду сделанных открытий. При этом Архимеда не волновало обобщение достижений прошлого, поэтому в своих работах он зачастую просто ссылался на уже известные в его время результаты, пропуская при этом часть доказательств.

Труды Архимеда известны нам в основном благодаря тому, что у эллинистических ученых существовала следующая занимательная традиция: математик, которому удавалось открыть новую интересную теорему, не спешил сразу же публиковать результаты, но сперва предлагал коллегам испытать свои силы в поиске доказательства (схожий обычай вновь возникнет у европейских ученых в XVII-XVIII веках). Так, вернувшись из Александрии в родные Сиракузы, Архимед вёл оживленную переписку со своими друзьями из Музея – главой библиотеки Эратосфеном и придворным астрономом Кононом, а позже – с его любимым учеником Досифеем. Последнему, впрочем, ввиду его молодости Архимед уже не предлагал найти доказательства новых теорем самостоя-

тельно, а сразу же сообщал их в полном объеме.

Любимыми разделами геометрии оказались у Архимеда те, которые требовали применения интегрирования, поскольку лишь этот метод еще позволял получать действительно новые знания. Остальное, сколь это позволяли старые средства, было открыто еще до Евклида. Тем не менее, сама процедура интегрирования, как мы помним, была запрещена идеалистической философией, а потому Архимед оказался вынужден перенести в математику некоторые приемы из разработанной им же механики: учение о центре тяжести и закон рычага, которые мы подробно рассмотрим в одной из следующих глав. Подразумевалось, что условное тело как бы нарезается на тонкие пластинки, которые затем каким-нибудь хитроумным способом уравниваются на воображаемом рычаге с помощью известного груза. Фактически это было не чем иным, как замаскированным методом атомистов, да еще и многократно усложненным за счет механических построений. Сам Архимед, однако, обладал техническим складом ума, и потому достиг невероятной виртуозности именно в «механическом интегрировании».

В любом случае даже закон рычага не мог скрыть того факта, что в решениях Архимеда тела делились на тончайшие элементы, поэтому механический метод мог тогда считаться пригодным лишь для нахождения новых предварительных результатов, которые затем требовалось строго доказывать. Не вполне ясно, считал ли сам Архимед свои рас-

суждения логически безупречными, но он точно сомневался, что механические нововведения убедят его коллег.

Хоть и известно, что Архимед многие свои решения находил именно с помощью интегрирования, однако в поздних работах предпочитал вовсе не упоминать о нем, используя классический общепризнанный тогда метод исчерпания с последующим сведением к абсурду. Важным новшеством тут оказалось использование сразу двух достраиваемых фигур – вписанной и описанной. Имея нестрогое атомистическое решение, Архимед показывал, что площадь вписанной фигуры всегда меньше этого решения, а площадь описанной – всегда больше, но при этом разницу между этими площадями можно сделать сколь угодно малой, меньше любой заданной величины. Таким образом, оказывалось, что площадь искомой кривой не может быть ни больше, ни меньше имеющегося решения, поскольку заключена между сближающимися между собой верхней и нижней границами. Некоторым образом такой подход, хоть и неявно, мог подвести читателей к современному нам понятию предела. С другой стороны, Архимед не выделил приведенные рассуждения в отдельную теорему и подробно повторял их для каждого рассматриваемого случая.

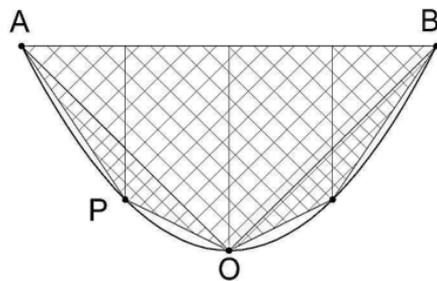
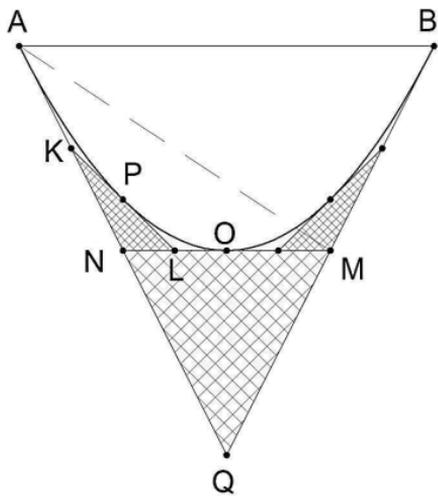
# Площадь параболы. Геометрическое доказательство Архимеда

Общий математический подход Архимеда легко понять на примере решения задачи об определении площади параболы, которое было в свое время отправлено Досифею. После пожелания здоровья адресату и слов сожаления о кончине Конона следует краткое введение, где сообщается о том, что геометры прошлого (очевидно, имеются в виду атомисты и их последователи) часто пользовались вряд ли убедительными предпосылками, а потому большинство ученых не приняли предлагаемых этими геометрами решений для площадей различных фигур. Далее Архимед приводит другую посылку *«излишек, на который одна площадь превосходит другую, будучи прибавляем к самому себе, может в итоге стать больше любой данной площади»* и перечисляет полученные с ее помощью решения, чья истинность общепризнана. Этой посылки, утверждает Архимед, оказалось достаточно, чтобы установить следующий новый факт: сегмент, ограниченный прямой линией и сечением прямоугольного конуса (термина «парабола» еще не существовало), равновелик четверем третям треугольника, имеющего такие же основание и высоту. К письму было приложено обстоятельное доказательство, осуществленное двумя способами: геометри-

ческим и механическим.

Вероятнее всего, первоначально Архимед использовал те самые «неубедительные» предпосылки атомистов, чтобы представить параболический сегмент и построенный на нем треугольник в виде множества плотно прилегающих друг к другу линий. Такой подход позволил ему получить искомого решение, но в отправленном Досифею доказательстве об этой части своей работы Архимед умалчивает.

Приведем сперва геометрический способ доказательства, как наиболее наглядный, хотя в самом тексте Архимеда этот вариант дается после механического. Пусть имеется парабола  $AOB$  и прямая  $AB$ , отделяет от нее сегмент. Ниже будет рассмотрен простейший вариант симметричного сегмента параболы, но в целом неважно, как именно проходит прямая  $AB$ , поскольку суть доказательства всегда останется одной и той же.

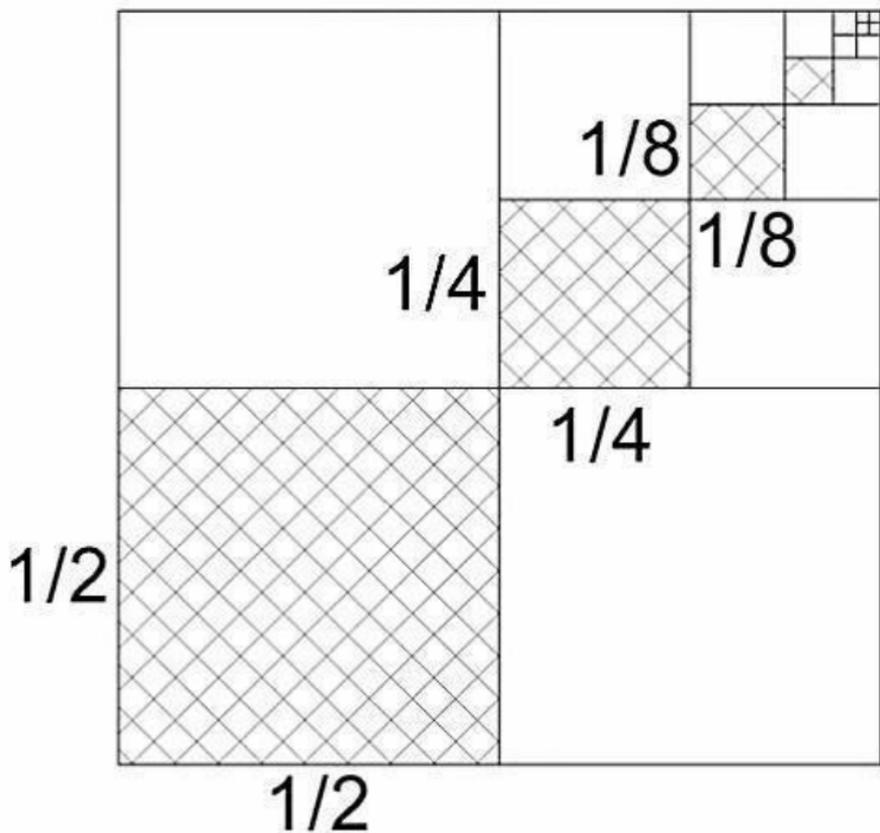


Для начала обратимся к левой части чертежа. Проведем через точки A и B касательные к параболы. Они пересекутся в точке Q. Нетрудно показать (и это было уже известно Архимеду), что если точки N и M являются серединами отрезков AQ и BQ, то NM касается параболы в точке O. Из условий подобия заключаем, что площадь треугольника NMQ (заштрихован крупными клеточками) равна  $S_{NMQ} = \frac{1}{4} \cdot S_{AQB}$ . Также заметим, что треугольники ANM и NMQ имеют равные площади, поскольку у них одно и то же основание NM и равные высоты (ведь N является серединой AQ). Теперь отметим точки K и L на серединах отрезков AN и NO. Аналогично предыдущему построению получим, что KL касается параболы в точке P, причем площадь треугольника KNL (заштрихован мелкими клеточками) равна

$S_{\text{KNL}} = 1/8 \cdot S_{\text{ANM}}$ , поскольку его основание вчетверо меньше, а высота вдвое меньше, чем у треугольника ANM. Таким образом, площадь двух заштрихованных мелкими клеточками треугольников составит  $1/16$  от  $S_{\text{AQB}}$ . Достроив по такому же принципу треугольники в оставшихся незаштрихованных четырех областях под параболой мы получим, что площадь новых треугольников составит  $1/64$  от  $S_{\text{AQB}}$ . Далее дополнительные треугольники можно описывать вокруг параболы сколь угодно долго, получая на каждом этапе вчетверо меньшую площадь, чем до этого. Иными словами, чтобы понять, какую часть от треугольника AQB занимает площадь под параболой, нам нужно найти сумму следующего ряда

$$\frac{1}{4} + \frac{1}{16} + \frac{1}{64} + \frac{1}{256} + \dots = \frac{1}{4} + \frac{1}{4^2} + \frac{1}{4^3} + \frac{1}{4^4} + \dots$$

Из вспомогательного чертежа видно, что сумма этого ряда равна  $1/3$ , поскольку каждый заштрихованный квадратик занимает треть от своего L-образного участка (площадь всего большого квадрата принимается за 1). Но если заштрихованная площадь равна трети от треугольника AQB, то незаштрихованная, соответственно – двум третям.



В результате мы получили, что площадь сегмента параболы равна  $\frac{2}{3}$  от  $S_{AQB}$ , либо же  $\frac{4}{3}$  от  $S_{AOB}$ , поскольку площадь треугольника  $AOB$  вдвое меньше площади треугольника  $AQB$  (у них одинаковое основание  $AB$ , но высоты относятся как 1 к 2). Поскольку Архимед не осуществлял предельного перехода, то на самом деле он лишь показывал, что, достраивая внешние треугольники много-много раз, мы до-

бьемся того, что разница между площадью незаштрихованной части чертежа и  $\frac{4}{3}$  от  $S_{\text{АОВ}}$  станет меньше любой наперед заданной малой величины.

Получив верхнюю оценку площади параболического сегмента, Архимед приступал к определению оценки снизу. Для этого он вписывал в параболу треугольник АОВ (правая часть чертежа), а затем достраивал на сторонах этого треугольника дополнительные треугольники АРО, предполагая дальнейшее построение новых треугольников на сторонах получившейся фигуры. Несложно показать, что  $S_{\text{АРО}} = \frac{1}{8} \cdot S_{\text{АОВ}}$ , а, значит, за первый этап достраивания (с обеих сторон) мы прибавили  $\frac{1}{4}$  от  $S_{\text{АОВ}}$ . Аналогично можно показать, что много раз достраивая новые треугольники внутри незаштрихованных областей параболы, мы на каждом этапе получим вчетверо меньшую площадь, чем до этого. Иными словами, чтобы понять, какую часть от треугольника АОВ занимает сегмент параболы, нам нужно найти сумму следующего ряда

$$1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{4^2} + \frac{1}{4^3} + \frac{1}{4^4} + \dots$$

Очевидно, что сумма этого ряда равна  $1 + \frac{1}{3} = \frac{4}{3}$ . В результате Архимед вновь получил, что разницу между незаштрихованной частью чертежа и  $\frac{4}{3}$  от  $S_{\text{АОВ}}$  можно сделать меньше любой наперед заданной малой величины.

Итак, площадь описанного вокруг параболы многоугольника всегда больше  $\frac{4}{3}$  от  $S_{\text{АОВ}}$ , а площадь вписанного – всегда меньше  $\frac{4}{3}$  от  $S_{\text{АОВ}}$ . Более того, при достаточном числе достраиваний разность между площадями этих многоугольников может быть сделана сколь угодно малой. Отсюда необходимо заключить, что площадь параболического сегмента не может быть ни больше, ни меньше  $\frac{4}{3}$  от  $S_{\text{АОВ}}$ . В самом деле, если площадь параболического сегмента больше либо меньше  $\frac{4}{3} \cdot S_{\text{АОВ}}$  на величину  $\Delta$ , то это означает, что разница между площадями указанных многоугольников больше  $\Delta$ , что абсурдно, поскольку противоречит уже доказанной возможности сделать эту разницу меньше любой величины, включая, разумеется, и  $\Delta$ .

С современной точки зрения приведенное доказательство выглядит чересчур переусложненным: дважды получается один и тот же результат, после чего добавляется казуистический логический ход сведения к абсурду. Но таковы были математические правила эпохи. Никакой иной способ рассуждений не считался достаточно убедительным.

# Архимед суммирует ряды

Если теперь ненадолго вернуться к суммированию ряда, то нужно пояснить, что простая ссылка на чертеж, разумеется, никак не могла считаться достаточно убедительной. В самом деле, не имея еще представлений о теории предела, нельзя было утверждать, что бесконечный ряд имеет какую-то конкретную сумму. Архимед доказывал лишь то, что сумма любого конечного числа членов этого ряда отличается от  $\frac{4}{3}$  не больше чем на треть последнего члена. Делалось это (в наших обозначениях) следующим образом. Пусть мы имеем ряд членов  $A, B, C, D, \dots Y, Z$  где каждый последующий член равен четверти предыдущего. Тогда запишем следующую (придуманную нами) последовательность

$$B + C + D + \dots + Y + Z + \frac{1}{3}B + \frac{1}{3}C + \frac{1}{3}D + \dots + \frac{1}{3}Y + \frac{1}{3}Z = \frac{4}{3}B + \frac{4}{3}C + \frac{4}{3}D + \dots + \frac{4}{3}Y + \frac{4}{3}Z$$

причем

$$\frac{4}{3}B = \frac{1}{3}A$$

$$\frac{4}{3}C = \frac{1}{3}B$$

, . . . ,

$$\frac{4}{3}Y = \frac{1}{3}Z$$

ПОЭТОМУ

$$B + C + D + \dots + Y + Z + \frac{1}{3}B + \frac{1}{3}C + \frac{1}{3}D + \dots + \frac{1}{3}Y + \frac{1}{3}Z = \frac{1}{3}A + \frac{1}{3}B + \frac{1}{3}C + \dots + \frac{1}{3}Y$$

Сократив все одинаковые члены слева и справа, получим

$$B + C + D + \dots + Y + Z + \frac{1}{3}Z = \frac{1}{3}A$$

либо же, прибавив  $A$  слева и справа, имеем

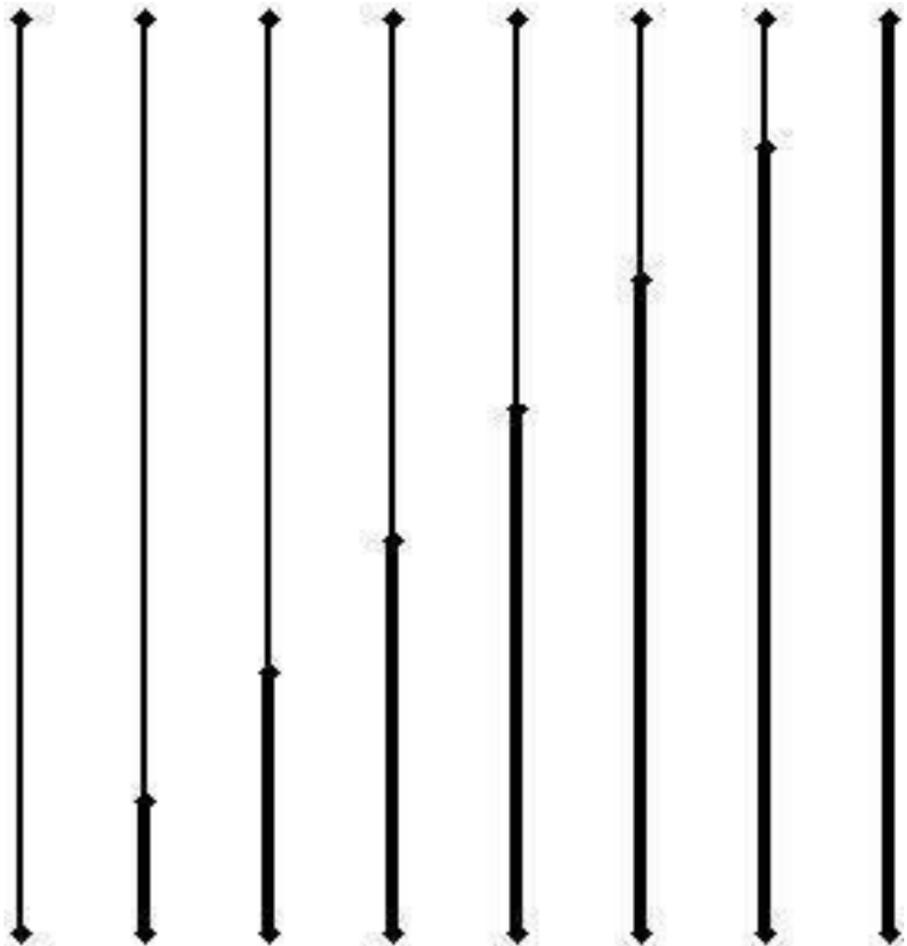
$$A + B + C + D + \dots + Y + Z + \frac{1}{3}Z = \frac{4}{3}A$$

Если  $A = 1$ , то сумма всех членов ряда и трети последнего члена равна  $4/3$ . С современной точки зрения правомерно заключить, что при достаточно большом числе членов ряда треть последнего может быть сделана меньше любой заданной величины, поэтому сумма просто равна  $4/3$ . Однако Архимед использует уже известный нам шаблон: предполагает, что эта сумма отличается от  $4/3$  на какую-либо заданную величину, а затем приходит к абсурду.

На способе Архимеда суммировать ряды имеет смысл остановиться подробнее. Это позволит читателю еще лучше уяснить себе, что на самом деле представляла собой математика того времени. Ранее мы уже рассматривали последо-

вательность  $1 + 2 + 3 \dots + n$ , сумма которой определялась с помощью соединения двух состоящих из клеточек ступенчатых треугольников. Получалось, что сумма такого ряда равна  $n \cdot (n+1)/2 = (n^2 + n)/2$ . При очень большом числе членов ряда можно пренебречь величиной  $n$  по сравнению с  $n^2$ , и получить формулу  $n^2/2$ .

Такой подход применялся издревле, но получил особенно богатое развитие у атомистов. Однако в геометрической алгебре Евдокса и Евклида современным числам соответствовали только и исключительно отрезки прямых. Мыслить единицу как квадратик единичной площади считалось невозможным. Поэтому Архимед, вынужденный придерживаться данного принципа, суммирует указанный ряд следующим образом. Отрезки располагаются в порядке возрастания (толстые линии на чертеже). Затем каждый отрезок достраивается до самого длинного (до длины  $n$ ), а в самом начале добавляется еще один отрезок длиной  $n$  (тонкие линии на чертеже).



Очевидно, что общее число отрезков теперь равно  $n+1$ , а их суммарная длина равна  $n \cdot (n+1)$ . Также несложно увидеть, что достроенные отрезки в точности повторяют исходные, поэтому их суммарная длина составляет как раз  $S = n \cdot (n+1) / 2 = (n^2 + n) / 2$ . Ясно, что  $S > n^2 / 2$ , так что это значение можно принять за нижний предел.

Теперь введем обозначение  $m = n+1$  и запишем  $S = (m-1) \cdot m/2 = (m^2 - m)/2$ , откуда ясно, что рассматриваемая сумма  $S < m^2/2 = (n+1)^2/2$ , и это значение можно принять за верхний предел. Таким образом, мы имеем  $n^2/2 < S < (n+1)^2/2$ , и методом сведения к абсурду можно доказать, что при достаточно большом значении  $n$  можно сделать разницу между  $S$  и  $n^2/2$  меньше любой, заранее заданной величины.

Особый интерес представляет случай, когда отрезок единичной длиной принимается короче любого наперед заданного (фактически является минимальным неделимым, или же бесконечно малым). Тогда в современных обозначениях мы можем записать формулу для суммы рассматриваемого ряда как

$$\int_0^n x \, dx = \frac{n^2}{2}$$

Даже на рассмотренном примере видно, что метод Евдокса чересчур усложнен и совсем не так нагляден, как атомистический, но для такой простой задачи он, в принципе, кажется вполне применимым. Однако же с рядом  $1^2 + 2^2 + 3^2 \dots + n^2$  Архимед уже сам не знал, как поступить (ведь квадраты величин все еще требовалось представлять в виде отрезков, а не площадей), поэтому он честно признал, что просто подгоняет решение под заранее известный ответ  $S =$

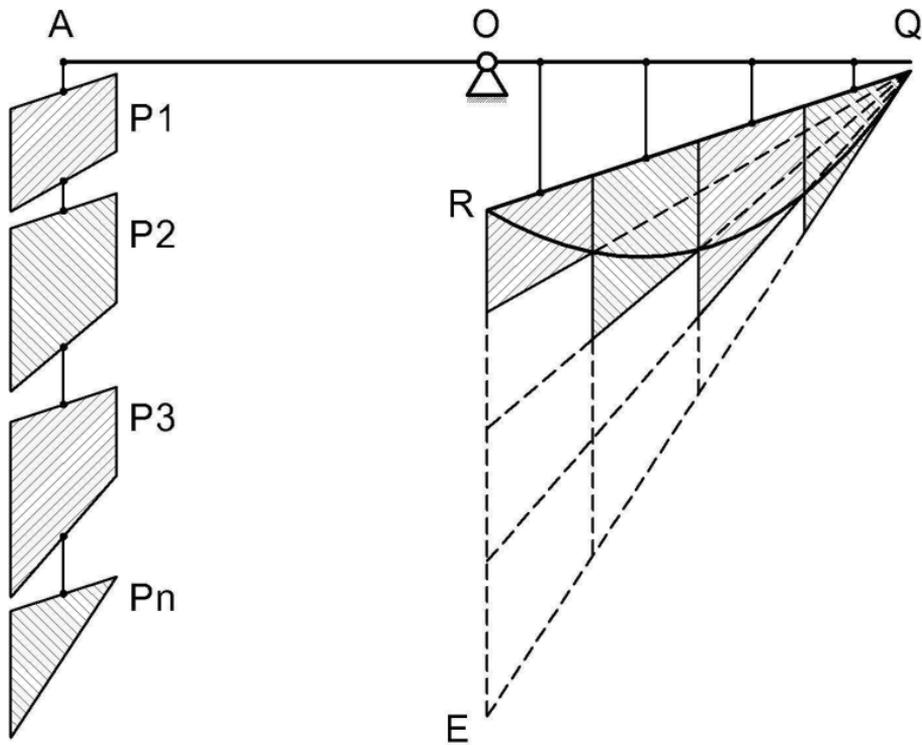
$(2n^3+3n^2+n)/6$ . При бесконечно большом  $n$  решение принимает вид  $S = n^3/3$ , что в современных обозначениях (при бесконечно малой единичной длине), можно записать как

$$\int_0^n x^2 dx = \frac{n^3}{3}$$

Разумеется, Архимед не использовал обозначение для интеграла, да и вообще всякую алгебраическую символику. Все приведенные формулы принимали у него вид теорем, в которых к ряду линий определенным образом прикладывались площади, имеющие избытком квадрат (аналог левой части формулы), а затем показывалось, что сумма полученных площадей составляет конкретную часть от какой-либо заранее заданной площади (аналог правой части формулы). В данном случае  $n^3$  нужно понимать не как объем, а как площадь прямоугольника со сторонами равными  $n$  и  $n^2$ . Требовались недюжинные интеллектуальные способности просто для того, чтобы понять, о чем вообще идет речь, это не говоря уже об уяснении самой сути длинного доказательства.

# Площадь параболы. Механическое доказательство Архимеда

Что касается механического определения площади сегмента параболы, то в этом случае Архимед воспользовался открытым им же законом рычага. Исследуемый сегмент мысленно подвешивался на одном плече симметричных ( $AO = OQ$ ) весов так, чтобы ось параболы шла вертикально, а край плеча  $Q$  совпадал с одним из концов сегмента, тогда как другой конец сегмента  $R$  находился бы строго под точкой опоры  $O$ . На то же самое плечо весов подвешивается треугольник  $QRE$ , причем  $QE$  должна быть касательной к параболе. Основание  $QR$  делится на равные участки, проводятся вертикальные линии, а затем из  $Q$  строятся прямые, проходящие через точки пересечения вертикальных линий и параболы.



Далее, пользуясь свойствами подобия, Архимед показывает, что каждая из длинных вертикальных трапеций может быть уравновешена соответствующей огибающей параболу короткой трапецией, подвешенной в точке А. В самом деле, каждая большая трапеция во столько раз длиннее соответствующей малой, во сколько плечо  $AO$  длиннее расстояния до точки подвеса этих трапеций. Если обратиться к чертежу, то уже на примере самого правого треугольного кусочка должно быть понятно, что плечо  $AO$  необходимо слегка укоротить, однако, при разделении треугольника  $QRE$  на очень

большее число трапеций это укорочение стремится к нулю. Одновременно с этим – короткие трапеции начинают стремиться к точному повторению формы параболы.

Иными словами, треугольник QRE может быть, по сути, уравновешен набором грузов (которые в сумме составляют параболический сегмент), подвешенным в точке А. В таком случае, как уже было известно, вес этого набора грузов (сегмента параболы) должен равняться  $1/3$  от веса уравновешиваемого треугольника. Последний факт почти очевиден, если вспомнить, что центр масс треугольника лежит в точке пересечения медиан, а сама эта точка делит медианы в отношении  $1:2$ , то есть отсекает треть медианы от соответствующего основания (в нашем случае – от основания RE). Иными словами, центр масс треугольника лежит на  $1/3$  плеча OQ, и может быть поэтому уравновешен третью своего веса на плече AO. Поскольку вес грузов справа равен  $1/3$  от веса треугольника, то и их площадь должна составлять  $1/3$  от его площади.

Полное механическое доказательство со всеми выкладками является чересчур громоздким, чтобы приводить его целиком (это верно даже для нашей современной записи пропорций, а для их оригинального словесного описания – тем более), зато гораздо важнее сделать ряд важных замечаний. Во-первых, у Архимеда  $P_1, P_2, \dots, P_n$  являются просто некоторыми грузами, а вовсе не тонкими сегментами параболы, перенесенными на другую сторону весов, поскольку в про-

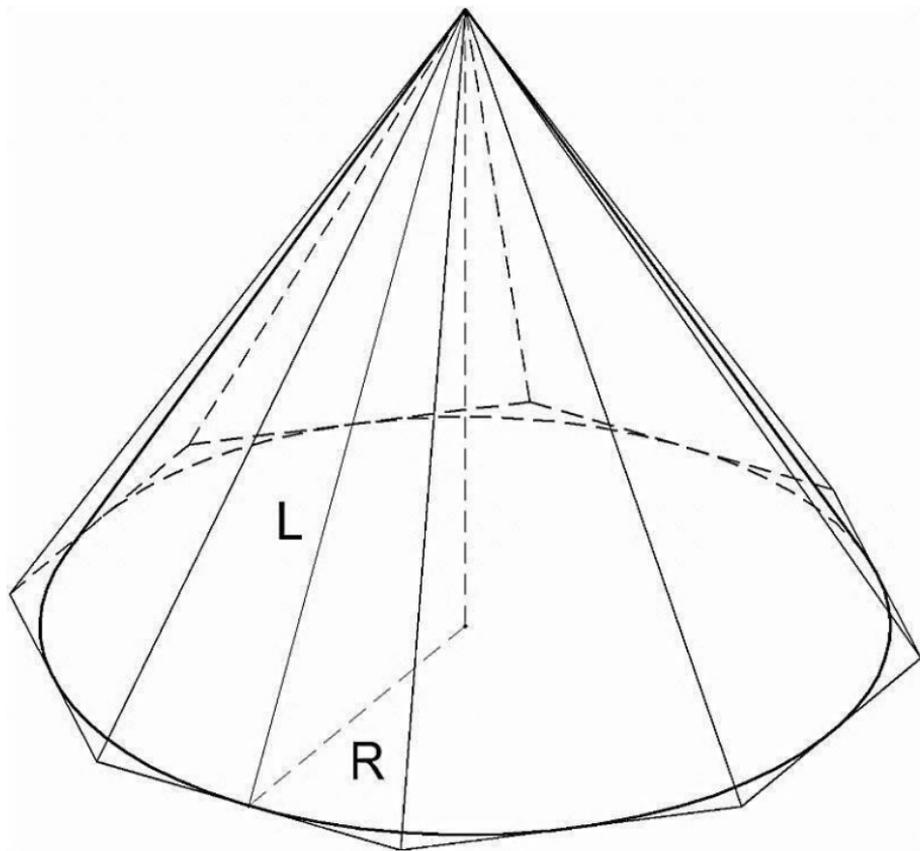
тивном случае слишком явственным оказался бы атомистический подход, согласно которому площадь состоит из линий. Во-вторых, Архимед использовал не только описанную вокруг параболы ломанную из малых трапеций, но и другую – вписанную, – получив, разумеется, такой же результат. В-третьих, нигде прямо Архимед не заявляет, что по мере увеличения числа зубцов обе ломанные стремятся к параболе, но лишь показывает, что разницу между площадями всех вписанных и всех описанных трапеций можно сделать сколь угодно малой. Затем, по уже привычному шаблону, показывается, что площадь параболического сегмента не может отличаться от  $\frac{1}{3}$  площади QRE, ибо любое такое отличие всегда приводит к абсурду.

# Теорема Архимеда о шаре и цилиндре

Вскоре, вслед за сочинением «О квадратуре параболы», Архимед отправил Досифею свою новую работу «О шаре и цилиндре», в которой, помимо прочего доказывалось, что поверхность шара в четыре раза больше площади его большого круга, и что, если вокруг шара описать цилиндр, то площадь и объем полученного цилиндра окажутся в полтора раза больше соответствующих величин для шара. Архимед с гордостью замечает, что ни один из геометров прошлого не заметил этих соотношений, которые, однако же, столь удивительны, что могут быть поставлены в один ряд с великими теоремами Евдокса об объемах пирамиды и конуса. Полные рассуждения Архимеда по данным вопросам займут чересчур много места, поэтому ниже мы рассмотрим лишь их общую идею, которая, впрочем, и сама по себе не проста для уяснения.

Сперва показывалось, что если конус имеет образующую длиной  $L$  и радиус основания  $R$ , то площадь боковой поверхности конуса равна  $\pi \cdot R \cdot L$ . Истинность этой формулы понять несложно. Опишем вокруг основания конуса правильный многоугольник и построим поверх конуса пирамиду равной с ним высоты. Боковая поверхность пирамиды складывается из суммы площадей равнобедренных треугольников,

высота каждого из которых равна  $L$ . Если мы станем неограниченно увеличивать число сторон описанного многоугольника, то его периметр (а значит и сумма оснований всех боковых треугольников) будет стремиться к длине исходной окружности, а сами боковые треугольники устремятся к поверхности конуса, площадь которой, теперь станет можно вычислить как  $(2 \cdot \pi \cdot R) \cdot L / 2 = \pi \cdot R \cdot L$ .



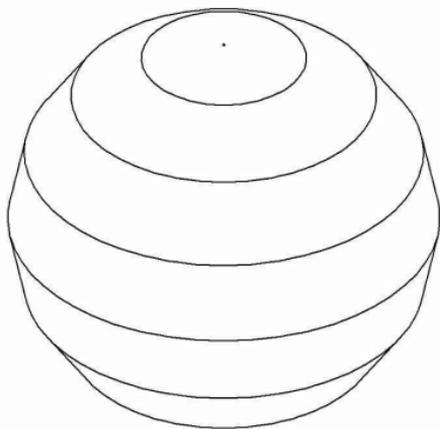
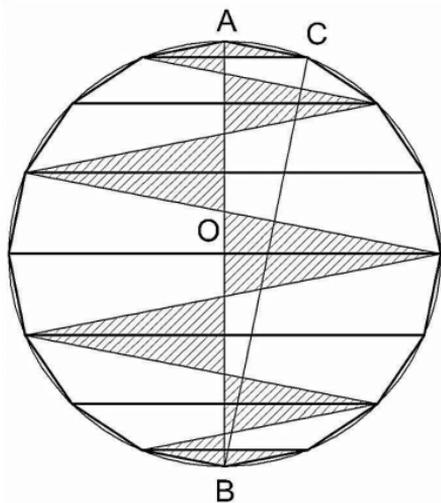
Уже должно быть понятно, что описанный нами «атоми-

стический» подход, не подходил для обоснования точного решения, хотя, вероятнее всего, использовался Архимедом для того, чтобы заранее понимать, к какому выводу необходимо прийти с помощью метода исчерпывания. Кроме того обозначение для числа  $\pi$  Архимед не употребил. В реальности описанное выше соотношение формулировалось им в следующем виде: площадь боковой поверхности конуса равна площади некоторого круга, радиус которого имеет величину  $(R \cdot L)^{0,5}$ , то есть длина радиуса является средней пропорциональной между  $L$  и  $R$ . Доказывалось это за счет ложного предположения (будто площадь боковой поверхности конуса больше либо меньше площади указанной окружности), которое неизменно приводило к нарушению каких-либо соотношений, получаемых из условия подобия рассматриваемых фигур. Фактически все рассуждения в очередной раз сводились к очень долгому и скрупулезному способу избежать предельного перехода при заранее известном ответе.

В любом случае теперь уже несложно вывести соотношение для определения площади боковой поверхности усеченного конуса: она равна  $\pi \cdot (r_1 + r_2) \cdot l = \pi \cdot r_1 \cdot l + \pi \cdot r_2 \cdot l$ , где под  $l$  понимается образующая усеченного конуса, а  $r_1$  и  $r_2$  являются радиусами верхнего и нижнего основания.

Доказав теорему для конуса, Архимед приступает к вычислению площади боковой поверхности шара. Для этого потребовалось вписать в круг правильный многоугольник

с четным числом сторон, провести вспомогательные линии (кроме  $BC$ ) и мысленно повернуть весь чертеж вокруг диаметра  $AB$ . В результате получался шар и вписанное в него сложное тело, составленное из двух конусов (сверху и снизу) и множества усеченных конусов. Очевидно, что поверхность шара всегда окажется несколько больше поверхности сложного тела. Кроме того важно заметить три вещи. Во-первых, у всех конусов и усеченных конусов будет одинаковая образующая, равная  $AC$ , так как наш многоугольник правильный. Во-вторых, все конусы и усеченные конусы имеют по одному общему основанию. В-третьих, треугольник  $ACB$  всегда является прямоугольным, независимо от числа сторон многоугольника (именно это говорит нам теорема Фалеса).



Формулу для поверхности сложного тела записать нетрудно, достаточно лишь просуммировать все выражения для по-

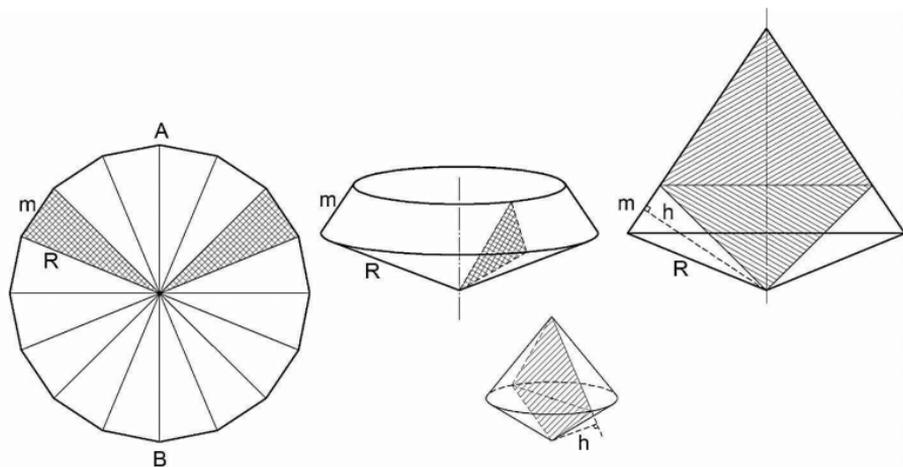
верхностей отдельных конусов и усеченных конусов. Она будет равна произведению числа  $\pi$  на образующую  $AC$  и на сумму всех диаметров в основании конусов (диаметров, а не радиусов, поскольку радиус каждого основания войдет в общую сумму дважды). То есть  $S = \pi \cdot \Sigma(D_i) \cdot AC$ .

Затем Архимед рассматривает заштрихованные прямоугольные треугольники и показывает, что они подобны между собой, а также подобны треугольнику  $ACB$ . Из условий подобия можно получить, что сумма длин всех диаметров в основании конусов так относится к  $AB$ , как  $BC$  к  $AC$ . То есть  $\Sigma(D_i)/AB = BC/AC$  или  $\Sigma(D_i) = AB \cdot BC/AC$ . Отсюда получается, что поверхность искомого сложного тела равна  $S = \pi \cdot AB \cdot BC$ , а, поскольку хорда  $BC$  меньше диаметра  $AB$ , то площадь поверхности тела меньше  $\pi \cdot AB^2$  (то есть меньше  $\pi \cdot D^2$  или  $4 \cdot \pi \cdot R^2$ ).

На втором этапе доказательства Архимед описывает вокруг круга правильный многоугольник и, рассуждая полностью таким же образом, показывает, что площадь поверхности сложного тела, описанного вокруг шара, всегда будет больше, чем  $4 \cdot \pi \cdot R^2$ . Поскольку, увеличивая число сторон вписанного и описанного многоугольников, можно сделать разницу между их площадями сколь угодно малой, то далее Архимед по уже привычному для нас шаблону показывает, что площадь поверхности шара не может отличаться от  $4 \cdot \pi \cdot R^2$ , иначе это приводит к абсурду. Таким образом, до-

казано, что поверхность шара в четыре раза больше площади его большого круга

Для определения объема шара Архимеду пришлось воспользоваться другим изящным приемом. Он вновь вписал в круг правильный многоугольник с четным числом сторон, однако поделил его на сектора уже по-иному (как это показано на левом чертеже). Затем и круг, и все сектора мысленно поворачивались вокруг диаметра АВ. В результате получался шар и уже знакомое нам вписанное в него сложное тело. Однако же теперь это тело состояло из осесимметричных кусочков, подобных тому, который показан на центральном чертеже. Только ближайšie к диаметру сектора давали тела, состоящие из двух конусов, как показано на нижнем чертеже.



Далее Архимед доказал вспомогательную теорему, глася-

щую, что объем тела, составленного из двух конусов с общим основанием (как показано на нижнем чертеже), равен произведению площади боковой поверхности одного из этих конусов на треть высоты, опущенной на эту поверхность из вершины второго конуса. В нашем случае для нижнего чертежа принимается поверхность верхнего конуса, а высота на нее опускается из вершины нижнего (высота не обязательно попадет на саму поверхность, но вполне может пересекать ее мысленное продолжение). Данный неочевидный факт несложно вывести из уже известных нам соотношений, и мы оставим читателям удовольствие сделать это самостоятельно.

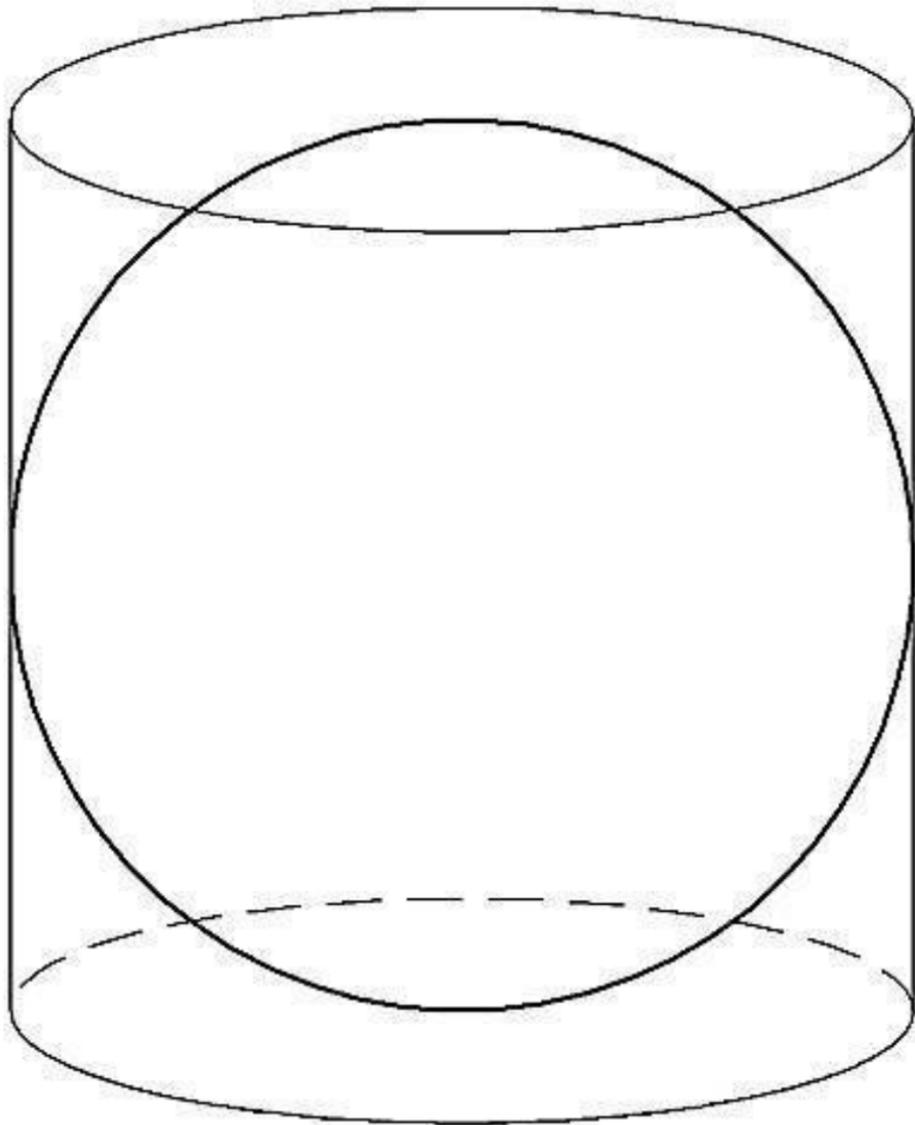
Чтобы определить объемы остальных кусочков (аналогичных показанному на центральном чертеже), Архимед предлагает мысленно достроить каждый из них до тела, состоящего из двух конусов, как это показано на правом чертеже. Объем рассматриваемого кусочка равен объему полученного тела за вычетом объема заштрихованной части, которая также составлена из двух конусов. Причем и у целого тела на правом чертеже, и у заштрихованной его части будет одна и та же высота  $h$ . Воспользовавшись только что рассмотренной теоремой, мы можем легко увидеть, что объем нашего кусочка равен произведению площади его боковой поверхностью (образованной образующей  $m$ ) на треть высоты  $h$ . Нужно заметить, что высота  $h$  будет одинаковой для каждого из кусочков. Более того, поверхность сложного тела складывается

из боковых поверхностей каждого кусочка.

Общий объем сложного тела определим как сумму объемов всех составляющих его частей, и получим, что он равен произведению площади всей поверхности тела на треть высоты, то есть. При увеличении числа сторон первоначально вписанного в круг многоугольника высота  $h$  стремится  $R$ , но всегда остается меньше радиуса, так что объем вписанного в шар тела всегда будет несколько меньше объема шара.

То же самое доказывается и для тела, описанного вокруг шара (разумеется, теперь объем тела всегда получается больше, чем у шара), а затем показывается, объем шара не может быть больше или меньше, чем произведение площади его поверхности на треть радиуса, то есть  $(4\pi R^2) \cdot R/3 = 4\pi R^3/3$ .

Теперь уже легко вычислить площадь и объем цилиндра, чтобы убедиться, что они действительно в полтора раза больше соответствующих величин для вписанного шара. Это элементарно доказывается, если учесть, что высота такого цилиндра равна его диаметру (то есть двум радиусам). Архимед был настолько впечатлен собственным открытием, что завещал высечь изображение шара вписанного в цилиндр на своем надгробном камне.



Если верить Цицерону, то спустя 137 лет после захвата Сиракуз римлянами, он сумел отыскать заброшенную моги-

ду ученого именно по такому изображению.

По иронии судьбы европейские математики, создававшие современное интегральное исчисление в XVII-XVIII веках, не знали об этом сочинении Архимеда, поскольку текст письма к Эратосфену был утерян. Лишь в 1906 году в константинопольской библиотеке Иерусалимской православной церкви обнаружилась литургическая книга, написанная на пергаменте, с которого были смыты более ранние греческие записи. Датский филолог и историк науки Йохан Любвиг Герберг (создавший, кроме прочего классическую реконструкцию «Начал» Евклида) изучил уникальный палимпсест и сумел почти полностью прочесть и издать первоначальные византийские тексты, записанные еще в X веке. Среди прочего пергамент содержал и следующие произведения Архимеда: «О равновесии плоских фигур, или о центрах тяжести плоских фигур», «О спиралях», «Измерение круга», «О шаре и цилиндре», «О плавающих телах», «Метод механических теорем», «Стомахион» (трактат о настольной игре-головоломке, целью которой было сложить квадрат из различных фигур). Последние три работы до того были известны лишь по упоминаниям у других авторов.

Отметим, что для христианской книги были использованы не все листы из рукописи письма к Эратосфену, и потому там отсутствуют доказательства теорем методом исчерпывания – к счастью, именно они не представляют для нас осо-

бого интереса.

# Атомистические и механические идеи в математике Архимеда

Важно еще раз отметить, что, несмотря на всю свою гениальность, Архимед продолжал осмыслять математику геометрически, осуществляя преобразования пропорций с помощью слов, а вместо формул использовал отношения между различными телами или фигурами. Если какая-либо задача сводилась, например, к кубическому уравнению, Архимед просто констатировал, что необходимо отыскать две средние пропорциональные и останавливался. Нестрогих решений, которые нельзя получить с помощью циркуля и линейки, он не признавал, хотя иногда и рассматривал частные случаи, в которых отыскать точный ответ все-таки возможно.

Подобная щепетильность, на первый взгляд, противоречит смелому введению в математику механических методов, однако Архимед полагал, что сумел безукоризненно строго обосновать закон рычага на уровне «Начал» Евклида. Другое дело – атомистические приемы, от их следов приходилось тщательнейшим образом избавляться. В самом деле, считалось общепризнанным, что не существует большей ереси перед математикой, чем составлять линии из точек, плоскости – из линий, а тела – из плоскостей. Платон в «Законах» прямо утверждал, что это невозможно. Аристотель в сочинении

«О небе» упрекал Демокрита и Левкиппа в том, что они, постулируя неделимые, впали в противоречие с основами математики, а ведь даже самое малое отступление от истины при дальнейших рассуждениях может увеличиться в десятки тысяч раз. Аналогичного мнения придерживались и Евдем Родосский, и Эратосфен. Любое знание считалось истинным лишь потому, что не предполагало, будто непрерывное состоит из неделимых.

Сам Архимед во время своего пребывания в Александрии, вероятно, еще не был знаком с атомизмом, хотя в знаменитой библиотеке почти наверняка имелись сочинения Демокрита. Видимо, никто из старших коллег не указал молодому сиракузцу на то, что в этих «ошибочных» работах присутствуют интересные для математика вещи. Вернувшись на родину, Архимед, уже не имел доступа к такому большому числу книг, и поэтому тщательно изучал все тексты, которые мог раздобыть. По случайности в Сиракузах обнаружили и такие сочинения, где излагались истоки атомистического «интегрирования», намеки о котором Архимед наверняка встречал и у других авторов. Оказалось, что разложение математических величин на элементы – мощный и эффективный математический инструмент. Более того, величайшие теоремы Евдокса об объеме конуса и пирамиды, как оказалось, доказаны именно Демокритом.

Конечно же, Архимед понимал, что рассуждения атомистов едва ли можно признать безупречными, но для опытно-

го геометра не составляло никакого труда построить нужное доказательство по шаблону метода исчерпывания и последующего сведения к абсурду. Важно, что теперь оказалось возможным, пусть и нестрогим способом, но устанавливать новые интересные факты, а уж их окончательное обоснование – дело техники. Причем даже сам путь окончательного строгого доказательства можно перенять из последовательности атомистического интегрирования. В самом деле, всегда легче построить решение, уже имея определенные знания об исследуемых вещах, чем искать ответ без какого-либо начального знания. И действительно, коллеги Архимеда, которым тот посылал свои новые теоремы, обычно не могли найти доказательства, поскольку не представляли, как вообще подступиться к предложенным задачам.

В своих первых книгах Архимед старался не упоминать о том, что использует атомистические походы. Даже механические решения с помощью закона рычага уже являлись достаточно смелым шагом. Однако, убедившись в эффективности использования неделимых, Архимед написал об этом Эратосфену – главе Александрийской библиотеки и одному из сильнейших математиков своего времени. Данное послание известно нам под названием «Метод механических теорем» или просто «Метод» (либо «Эфод», от греческого «ἔφοδος» – метод).

Письмо (по сути это книга, имеющая форму послания) начинается с обычного в те времена пожелания здоровья адре-

сату, после чего мы узнаем, что ранее Архимед уже отправлял Эратосфену несколько своих новых теорем с предложением отыскать их доказательства самостоятельно. Перечень задач был следующим:

– доказать, что сегмент параболоида вращения в полтора раза больше объема конуса с теми же основанием и высотой;

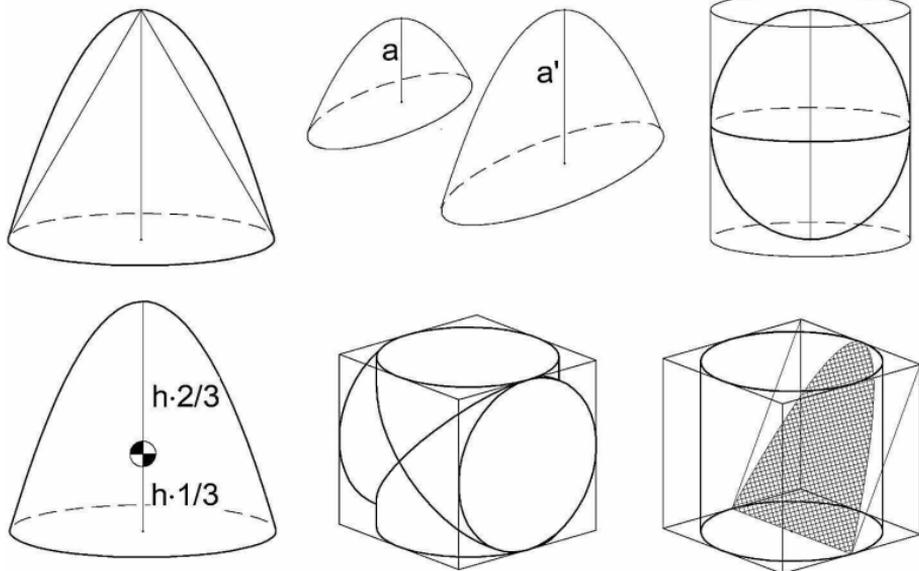
– доказать, что если сегменты одного параболоида вращения образованы параллельными сечениями (не обязательно перпендикулярными оси), то объемы этих сегментов относятся как квадраты осей;

– доказать, что эллипсоид вращения имеет объем равный  $\frac{2}{3}$  объема описанного цилиндра;

– доказать, что центр тяжести параболоида находится на оси вращения и удален на  $\frac{1}{3}$  от основания;

– определить объем тела, составленного из двух вписанных в куб цилиндров с перпендикулярными осями;

– доказать, что если в прямую квадратную призму вписать цилиндр и провести плоскость через верхнее ребро куба и нижний центр цилиндра, то малая отсеченная часть цилиндра будет иметь  $\frac{1}{6}$  от объема всей призмы.



Судя по всему, глава Александрийской библиотеки – блестящий геометр и выдающийся философ – не сумел справиться ни с одной из предложенных задач, поэтому Архимед и посчитал необходимым раскрыть собственные решения, а также и метод своей работы. В письме к Эратосфену все теоремы, кроме последней, доказываются сперва с помощью закона рычага (то есть механически), а затем уже – классическим методом исчерпывания. Для демонстрации возможностей механического метода, Архимед предварительно приводит несколько лемм из механики, а затем решает уже известные нам задачи о площади параболы и объеме шара.

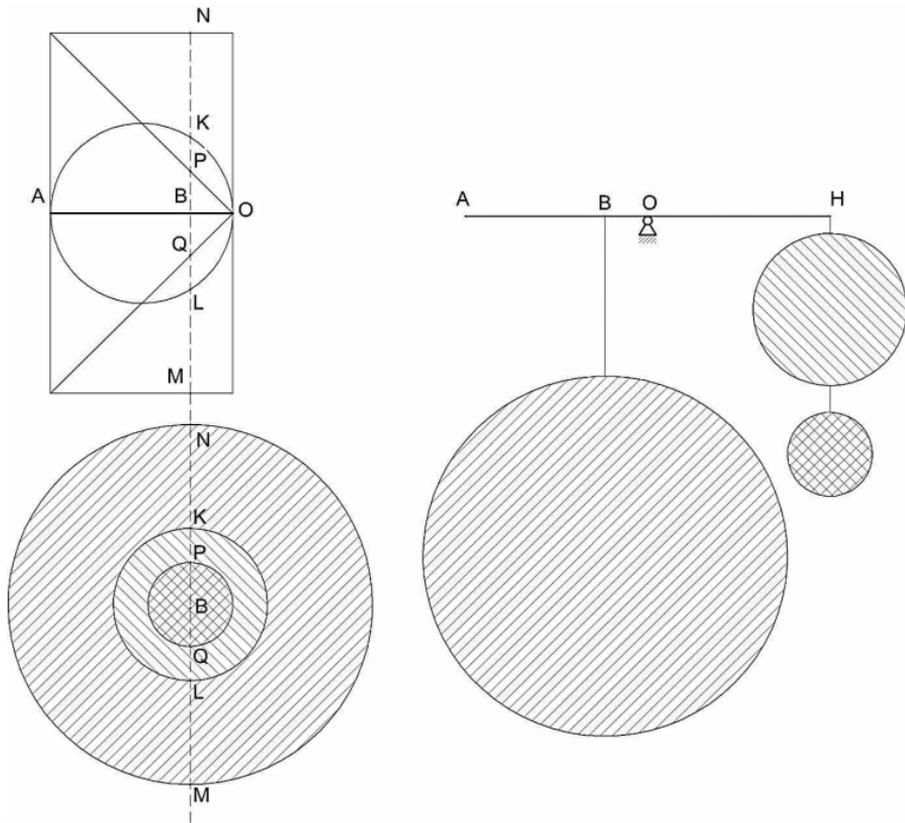
Выше мы уже говорили о том, как Архимед определял

объем шара, однако будет любопытным кратко коснуться и решения, описанного в «Эфоде», поскольку там оно получено с помощью закона рычага.

Пусть имеется некоторый шар. Построим дополнительно конус и цилиндр так, как это показано на чертеже: у конуса и цилиндра будет общее основание с диаметром, который вдвое превышает диаметр шара. Если провести какую-либо вертикальную плоскость, то в сечении каждого из этих трех тел мы получим по кругу с различными диаметрами:  $NM$  для цилиндра,  $KL$  для шара и  $PQ$  для конуса. Вид этих сечений показан под чертежом, причем, в зависимости от положения секущей плоскости, диаметр сечения конуса  $PQ$  может быть как меньше, так и больше диаметра сечения шара  $KL$ .

Предположим, что точка  $O$  является точкой опоры равноплечего рычага  $АН$ . Если аккуратно составить пропорции между площадями сечений и длинами подвеса, то окажется, что круговые элементы шара и конуса, подвешенные в точке  $H$ , уравновесят соответствующий элемент цилиндра, подвешенный в исходном положении (то есть в точке  $B$ ). Проведя эту операцию для всех плоскостей, из которых составлены тела, мы установим, что цилиндр, подвешенный за свой центр масс (середина плеча  $АО$ ) уравновешивается шаром и конусом, подвешенными в точке  $H$ . Учитывая полученное соотношение плеч, равное  $2:1$ , и зная формулу для объема конуса (он равен трети от объема цилиндра), мы легко можем вычислить объем шара.

Читателю предлагается самостоятельно проделать все необходимые вычисления, а также убедиться, что рассматриваемый рычаг действительно оказывается в равновесии.



Мы не станем подробно останавливаться на основных задачах из «Эфода», поскольку это отняло бы излишне много времени, при том, что общий принцип механического метода должен быть уже достаточно хорошо понятен. Во всех случаях прямое интегрирование методом неделимых заме-

нялось разложением на слои с целью распределения их по плечам рычага. Эта искусственная процедура создавала видимость логической непротиворечивости, перенося доказательство из области геометрии в область механики, причем решение заметно удлинялось, хотя его результат был известен изначально. Лишь последнюю самую сложную задачу (единственную во всем своем обширном наследии), про рассечение призмы и цилиндра Архимед решает чистым методом неделимых безо всякого рычага.

Особый интерес в письме к Эратосфену представляет и общий характер изложения. Сохраняя все нормы вежливости и уважения к адресату, Архимед, тем не менее, резко критикует взгляды математиков идеалистической платоновской школы. Для него абсолютно очевидно, что никто в Александрии, включая и Эратосфена, не может решать задачи аналогичные присланным. Причем, если просто сообщать доказательства, оформленные с помощью общепризнанного метода исчерпывания, то пользы от этого будет немного, ведь никто так и не узнает способа отыскивать новые теоремы.

Поэтому Архимед решается, наконец, поделиться истинным методом своей работы. Ссылаясь на Демокрита, он безо всяких оговорок и допущений излагает основы математики атомистов, разделяя геометрические тела на чрезвычайно тонкие пластины, из которых эти тела, по его мнению, и состоят. Любые умозаключения, полученные для таких пла-

стинок, распространяются на все тело, поскольку оно целиком ими заполнено. Точно также и фигуры у Архимеда целиком состоят из линий.

Раз уж атомистический подход полезен, то им, по твердому мнению Архимеда, необходимо пользоваться. Если имеются сомнения в его достоверности и убедительности, то готовый результат всегда можно проверить логически безупречными методами. А разного рода идеологические предрассудки и философские возражения (многие из которых выдвинул и сам Эратосфен) следует попросту игнорировать.

По иронии судьбы европейские математики, создававшие современное интегральное исчисление в XVII-XVIII веках, не знали об этом сочинении Архимеда, поскольку текст письма к Эратосфену был утерян. Лишь в 1906 году в константинопольской библиотеке Иерусалимской православной церкви обнаружилась литургическая книга, написанная на пергаменте, с которого были смыты более ранние греческие записи. Датский филолог и историк науки Йохан Любвиг Герберг (создавший, кроме прочего классическую реконструкцию «Начал» Евклида) изучил уникальный палимпсест и сумел почти полностью прочесть и издать первоначальные византийские тексты, записанные еще в X веке. Среди прочего пергамент содержал и следующие произведения Архимеда: «О равновесии плоских фигур, или о центрах тяжести плоских фигур», «О спиралях», «Измерение круга», «О шаре и цилиндре», «О плавающих телах», «Метод механиче-

ских теорем», «Стомахион» (трактат о настольной игре-головоломке, целью которой было сложить квадрат из различных фигур). Последние три работы до того были известны лишь по упоминаниям у других авторов.

Отметим, что для христианской книги были использованы не все листы из рукописи письма к Эратосфену, и поэтому там отсутствуют доказательства теорем методом исчерпывания – к счастью, именно они не представляют для нас особого интереса.

# Другие математические работы Архимеда. Ракушки. Коноиды и сфероиды

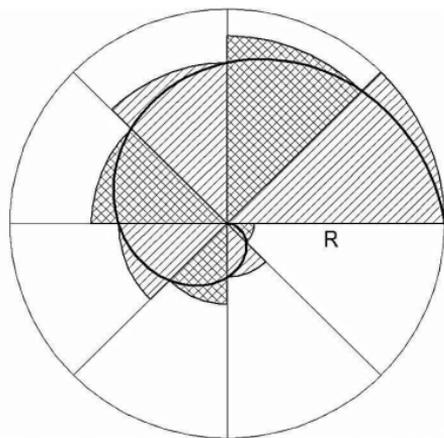
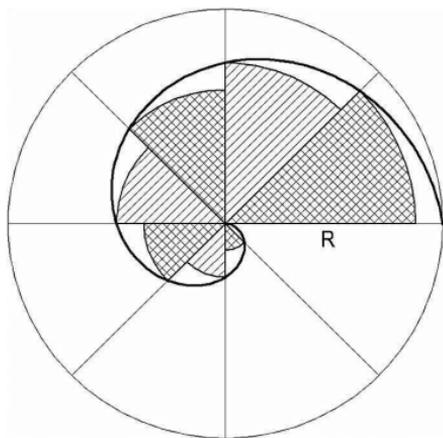
Не менее интересные результаты были получены Архимедом в работе «О линиях в форме ракушек», название которой обычно переводят как «О спиралях». В этом труде рассматривается кривая, образованная равномерным движением точки по равномерно же вращающейся прямой. В результате радиус-вектор  $\rho$  данной точки возрастает пропорционально углу поворота  $\phi$ , а уравнение полученной спирали в полярных координатах имеет вид

$$\rho = k \cdot \phi.$$

Основная цель Архимеда – определить площадь первого витка, которая, как оказалось, составляет треть от площади круга с радиусом, равным радиус-вектору спирали в конце первого оборота. Доказывается этот факт следующим образом.

Разделим круг на  $n$  равных секторов и обозначим за  $R$  радиус-вектор спирали в конце первого витка. Тогда для первого сектора  $\rho = R/n$ , для второго –  $\rho = 2 \cdot R/n$ , для третьего –  $\rho = 3 \cdot R/n$ , и так далее вплоть до последнего сектора, на котором, что очевидно,  $\rho = n \cdot R/n = R$ . Теперь впишем в спи-

раль (левый чертеж) и опишем вокруг спирали (правый чертеж) дополнительные сектора так, как это показано на рисунке. Определим площади описывающих спираль заштрихованных секторов (правый чертеж). Площадь первого самого маленького такого сектора равна  $\pi \cdot \rho^2/n = \pi \cdot R^2/n^3$ , площадь второго сектора равна  $\pi \cdot 2^2 \cdot R^2/n^3$  и так далее вплоть до последнего заштрихованного сектора, площадь которого равна  $\pi \cdot n^2 \cdot R^2/n^3$ .



Просуммировав площади всех секторов и вынеся за скобку множитель  $\pi \cdot R^2/n^3$ , мы получим

$$(\pi \cdot R^2/n^3) \cdot (1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + n^2),$$

причем в правой скобке получается ряд, сумма которого, как знал Архимед (и мы говорили об этом выше), при бесконечно большом  $n$  равна  $n^3/3$ . Таким образом, для правого чертежа получается, что площадь всех описывающих спи-

раль заштрихованных секторов всегда больше  $\pi \cdot R^2/3$  (предельный переход не совершался, поэтому нигде не говорилось, что дуги рассматриваемых секторов когда-либо совпадут со спиралью).

Аналогичным образом показывалось, что площадь всех вписанных в спираль секторов всегда меньше  $\pi \cdot R^2/3$ , причем разность между суммарными площадями описанных и вписанных секторов можно сделать сколь угодно малой, а, значит, площадь витка спирали не может быть ни больше, ни меньше  $\pi \cdot R^2/3$ , что и требовалось доказать. Впрочем, константу  $\pi$  Архимед не использует, и просто говорит о том, что площадь первого витка спирали равна трети площади первого круга.

Похожим образом Архимед строит решения и в своей замечательной работе «О коноидах и сфероидах», которая также была отправлена Досифею в Александрию. Из предисловия мы узнаем, что данное сочинение является результатом многолетних трудов, потребовавших немало усердия. Главной их целью являлось нахождение объемов сегментов эллипсоида, параболоида и гиперболоида вращения. Архимед показывает, что этот объем полностью определяется высотой и площадью основания рассматриваемых сегментов.

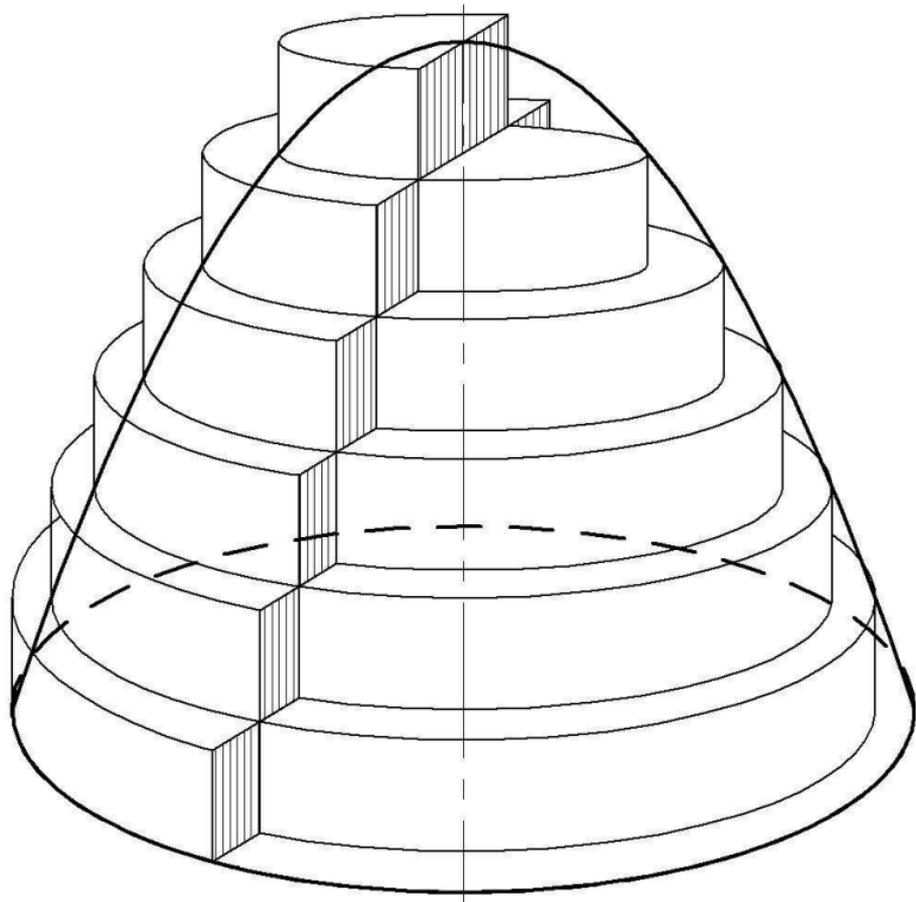
Впрочем, ни одного из указанных терминов Архимед еще не употреблял: эллипс он называл сечением остроугольного

конуса, параболу – сечением прямоугольного конуса, а гиперболу – сечением тупоугольного конуса, причем о второй ее ветви он еще не знал. Соответственно, параболоид вращения у Архимеда назван «прямоугольным коноидом», а гиперболоид – «тупоугольным коноидом». Судя по всему, данные тела ранее никем не рассматривались. При этом для эллипсоида Архимед, вслед за атомистами, употребляет термин «удлинённый сфероид», а не «остроугольный коноид», как можно было бы предположить.

Не станем рассматривать все содержание данной работы, а наметим лишь общий план доказательств Архимеда, предоставив любознательному читателю возможность самостоятельно завершить все необходимые выкладки, поскольку они осуществляются уже разобранным выше способом и требуют лишь техники.

Объемы рассматриваемых тел определяются следующим образом. Вокруг сегмента описывается ступенчатое тело, состоящее из  $n$  поставленных друг на друга цилиндров. Затем в этот же сегмент вписывается аналогичное ступенчатое тело. Ниже на чертеже все указанные тела показаны одновременно. Высоты всех цилиндров равны между собой и составляют  $1/n$  от высоты всего сегмента  $H$ . Легко увидеть, что вписанное тело отличается от описанного лишь на один самый большой нижний цилиндр, причем с увеличением  $n$  эта разница может быть сделана сколь угодно малой. Понятно, что объемы двух ступенчатых тел представляют собой верх-

ний и нижний пределы объема рассматриваемого сегмента.



Поскольку высоты всех цилиндров равны, то их объемы относятся как площади оснований, то есть – как квадраты радиусов оснований или же, в нашем случае, квадраты ординат. Поскольку античные определения конических сечений фактически представляли собой аналоги наших современных канонических уравнений, то можно было записать

сумму для всего объема.

Так, для параболоида (если примем уравнение параболы как  $y = b \cdot x^2$ ) квадраты ординат равны  $y/b$ , а объем ступенчатого тела в таком случае определялся как

$$V = (H/n) \cdot \pi \cdot (H/n + 2 \cdot H/n + 3 \cdot H/n + \dots + n \cdot H/n) / b = (H^2 / n^2) \cdot \pi \cdot (1 + 2 + 3 + \dots + n) / b.$$

Здесь мы вновь получили уже знакомый нам ряд, сумма которого при увеличении  $n$  стремится к  $n^2/2$ , поэтому теперь можно записать

$$V = 0,5 \cdot \pi \cdot (H^2 / b).$$

Из уравнения параболы следует, что квадрат радиуса основания сегмента  $R^2 = H/b$ , поэтому окончательно запишем

$$V = 0,5 \cdot \pi \cdot H \cdot R^2.$$

Таким образом, мы получили, что объем сегмента параболоида вращения равен половине от объема описанного цилиндра с высотой  $H$  и радиусом основания  $R$ , либо же  $3/2$  от объема вписанного конуса.

Соотношения для гиперболоида и эллипсоида находятся по схожему принципу.

# Вычисление Архимедом числа $\pi$

Выше мы уже неоднократно говорили, что Архимед нигде не использует обозначения для числа  $\pi$ . Кроме того, можно заметить, что он никогда не вычисляет непосредственно площади и объемы (как это делаем мы по формулам), но всегда находит лишь их отношения к каким-либо иным фигурам и телам. Собственно под квадратурой параболы нужно понимать просто сведение площади сегмента параболы к площади известного квадрата, либо же треугольника, который легко привести к квадрату. В античные времена «правильной» считалась лишь такая математика, которая рассматривала только соотношения, не касаясь вопроса об истинных размерах и количествах.

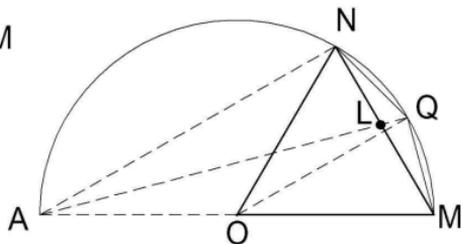
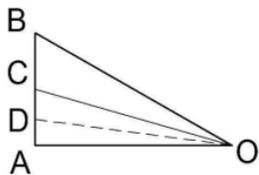
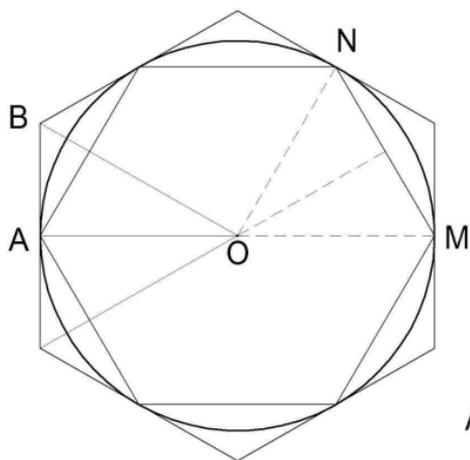
Однако Архимед, с его склонностью к механике, всегда испытывал повышенный интерес к вычислениям и всему, что греки относили к логистике. Сегодня любой школьник способен безо всяких технических средств произвести на бумаге достаточно сложные расчеты, пользуясь нехитрыми правилами для обращения с десятичными числами. Поскольку мы уже ознакомились с греческой геометрической алгеброй, и поэтому читатель должен понимать, сколь нетривиальными являлись все приведенные выше расчеты в их оригинальном виде. Однако особенно впечатляющим явля-

ется числовое решение, полученное Архимедом в его работе «Об измерении круга».

Сочинение начинается с теоремы, утверждающей, что площадь круга равна площади такого прямоугольного треугольника, у которого один катет равен радиусу круга, а другой – длине окружности. Об этом знали еще атомисты, рассматривавшие круг, как бесконечноугольник, составленный из множества узких треугольников с вершинами в центре. Понятно, что высоты таких треугольников неотличимы от радиусов, а сумма их площадей, очевидно, как раз и равна площади такого прямоугольного треугольника, о котором говорит Архимед. Впрочем, он, разумеется, не мог рассуждать подобным образом. Вместо этого, как уже должно быть ясно, сперва предполагалось, что площадь круга отличается от указанного значения на какую-либо величину, а затем, последовательным удвоением числа сторон вписанных и описанных многоугольников, показывалась абсурдность подобного допущения.

Пока что достаточно просто, но полученное решение не говорило ничего конкретного о реальной величине исследуемой площади. В самом деле, всё ещё оставался открытым вопрос о длине окружности, которую требовалось каким-то образом вычислить. Поэтому основная теорема книги утверждает, что отношение окружности к ее диаметру всегда больше  $3^{10}/71$ , но меньше  $3^{10}/70$ . Данные значения получились из сравнения периметров описанного и вписанно-

го 96-ти угольников.



Конечно же, Архимед не занимался вычерчиванием фигуры с 96 одинаковыми сторонами, а вместо этого нашел изящный способ вычислить их периметр. Так, он начал с описанного шестиугольника (левая часть чертежа) и выделил половину его стороны АВ (правая часть чертежа, сверху). Обозначим радиус окружности (сторона АО) как  $R$ . Поскольку треугольник АВО прямоугольный, причем угол при вершине В равен  $60^\circ$ , то

$$AO/AB = 3^{0,5}/2 \approx 265/153 \text{ и } BO/AB = 1/2 = 306/153.$$

При этом Архимед умалчивает, откуда он взял приближение для  $\sqrt{3}$ . Сам ли он вычислил, что дробь  $265/153$  дает достаточно хорошую точность, либо же это уже было известно — об этом нет ни единого слова, как будто извлечение корней являлось для греков чем-то заурядным.

Далее Архимед использует два соображения. Во-первых, в рассматриваемом треугольнике биссектриса, опущенная из вершины  $O$ , всегда будет давать нам половину стороны правильного многоугольника с удвоенным числом сторон. То есть, если каждый раз проводить биссектрисы, то  $AC$  будет полустороной правильного 12-ти угольника,  $AD$  полустороной правильного 24-х угольника и так далее. Во-вторых, биссектриса всегда делит основание на отрезки, пропорциональные боковым сторонам своего угла.

Теперь уже несложно вычислить длину отрезка  $AC$ . В самом деле, поскольку

$BC/AC = BO/AO$ , то  $(BC+AC)/AC = (BO+AO)/AO$ , откуда

$$(BO+AO)/AO = AB/AC \text{ или же } (BO+AO)/AB = AO/AC \approx (306+265)/153 = 571/153.$$

Таким образом, мы нашли отношение радиуса окружности к полустороне правильного 12-ти угольника. Чтобы двигаться дальше, необходимо также вычислить длину биссектрисы  $OC$ . Воспользовавшись теоремой Пифагора, можно записать

$$OC^2 = AC^2 + AO^2 \text{ или же } OC^2/AC^2 = (AC^2 + AO^2)/AC^2 \approx (153^2 + 571^2)/153^2 \approx 349\,450/153^2.$$

Архимед сразу дает готовый ответ  $OC/AC \approx 591^{1/3}/153$ , не объясняя, каким способом он извлек квадратный корень из 349 450.

Опустим остальные долгие выкладки, поскольку механизм дальнейших расчетов ничем не отличается от уже рассмотренного. Архимед последовательно показывает, что отношение радиуса к полусторонам правильных 24-х, 48-ми и 96-ти угольников равно соответственно  $1162^{1/8}/153$ ,  $2339^{1/4}/153$  и  $4673^{1/2}/153$ . И каждый раз не дается никаких разъяснений, каким образом извлекаются корни из огромных чисел, как будто это достаточно простая и всем понятная операция.

Теперь уже возможно записать отношение всего периметра 96-ти угольника к диаметру окружности (двум радиусам), которое окажется большим, чем

$$(153 \cdot 2 \cdot 96) / (2 \cdot 4673^{1/2}) > 3^{1/7} = 3^{10/70} = 3,142857 \dots$$

Для определения нижнего предела Архимед вписывает в круг правильный шестиугольник и рассматривает далее только треугольник ONM, в котором последовательно строит биссектрисы внутреннего угла, получая каждый раз стороны многоугольников с удвоенным числом сторон (правая часть чертежа, снизу). Не будем повторять все преобразования пропорций, которые производил Архимед, предоставив любознательному читателю возможность повторить эту работу самостоятельно (необходимые вспомогательные линии присутствуют на чертеже). В итоге для вписанного 96-ти угольника отношение периметра к диаметру круга составило  $3^{10}/71 = 3,140845 \dots$ . Тут в процессе вычислений также безо

всяких пояснений извлекались корни из огромных чисел.

Точность оценки числа  $\pi$ , которую сумел получить Архимед:  $3,140845 < \pi < 3,142857$ , безусловно, превосходила любые возможные практические потребности того времени. Кроме того очень важно отметить тот факт, что задача вообще была сформулирована в терминах определения точности получаемого результата. Такая постановка проблемы являлась совершенно нехарактерной для античной математики и встречалась разве что в астрономии, где исследовались конкретные тела и расстояния, а не абстрактные идеальные объекты.

## «Конические сечения» Аполлония

Сочинение «Об измерении круга» вызвало полемику со стороны другого известного геометра – Аполлония Пергского, который был на 20-25 лет моложе Архимеда, но практически не уступал ему в математическом даровании. Более того, их спор, вероятно, имело еще и политическую окраску.

Аполлоний родился в середине III века до нашей эры на юго-восточном побережье Малой Азии в городе Перге (небольшом поселении крупного государства со столицей в Пергаме), но большую часть жизни провел в Александрии, где сперва обучался у учеников Евклида, а затем постепенно приобрел славу заслуженного авторитета в геометрии и астрономии. Неизвестно, успел ли он пересечься в Музее с Архимедом, но друзьями они точно не являлись: в своей обширной переписке Архимед вообще ни разу не упоминает молодого талантливый современника. Главной работой Аполлония стали «Конические сечения», где ему удалось собрать и систематизировать всё известное по данному вопросу. Книга оказалась столь хороша, что очень быстро вытеснила все предшествующие труды по коническим сечениям – ни один из них, включая работу Евклида, не сохранился. Вплоть до нового времени «Конические сечения» Аполлония считалась классическим пособием, которое следовало

изучать после «Начал».

В конце жизни Аполлоний вернулся на родину, чтобы занять должность придворного математика царя Аттала I, который учредил у себя дом мудрости и библиотеку подобные Александрийскому Музею. Причина, по которой в Средиземноморье возник еще один центр учености, заслуживает отдельного внимания.

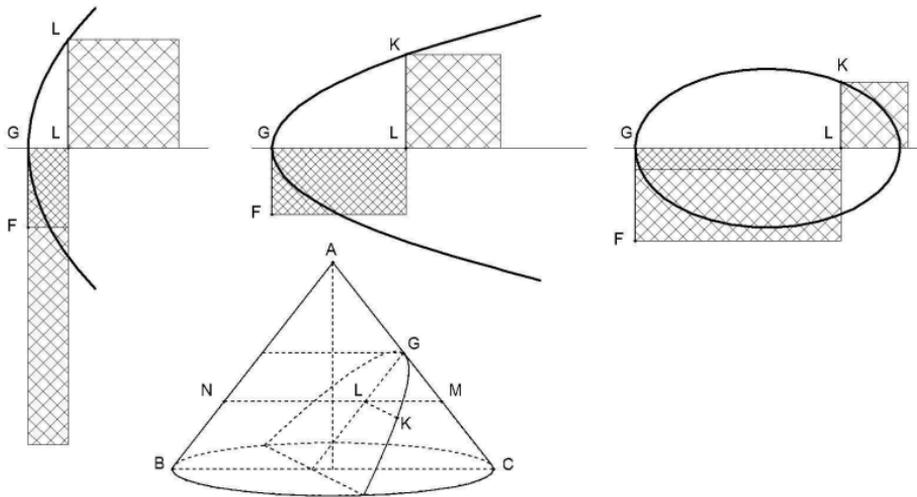
Мы уже видели, что эллины пытались совместными усилиями остановить стремительную римскую агрессию. Македония, Карфаген, Ахейский союз и Сиракузы решительно выступили за независимость греческого мира. Впрочем, наивно было ожидать, что множество непрерывно враждовавших средиземноморских государств сумеют забыть все разногласия и самоотверженно объединиться в решительный час. Птолемии вообще не захотели открыто выступить против могущественного противника, а Этолийский союз и Пергам посчитали выгодным принять сторону Рима, дабы отомстить своим былым обидчикам. Действуя совместно с римлянами, Аттал I нанес ряд поражений Филиппу V Македонскому и тем самым обеспечил долгий период процветания своему государству: в обмен на полную политическую покорность Рим отдавал Пергаму те земли, которые регулярно отбирал у Селевкидов.

Между усилившимся Пергамом и Александрией сразу же наметился экономический и политический антагонизм. Аттал желал распространить свое влияние на обширные тер-

ритории Малой Азии, что побудило его превратить свою столицу в центр греческой культуры. При царском дворе создали условия для работы выдающихся философов и начали собирать внушительную коллекцию рукописей. Видя это, Птолемеи запретили вывоз папируса за пределы Египта, дабы их собственная библиотека и дальше оставалась непревзойденной. С образовавшимся дефицитом писчих материалов требовалось что-то сделать, и пергамские ремесленники усовершенствовали древнюю технологию выделки кожи. Так изобрели пергамент, и библиотека Аталла стала наполняться книгами, а дом мудрости – философами.

Именно в этот новый центр эллинистической мудрости, где образовалась кроме прочего и блестящая математическая школа, перебрался Аполлоний. Здесь им были написаны «Конические сечения», из которых четыре книги известны нам в греческом оригинале, три – только лишь в арабском переводе, а восьмая – утеряна, хоть и имеются ее реконструкции по кратким описаниям у других авторов.

В своем труде Аполлоний прежде всего дает общее определение кривых второго порядка: он берет произвольный конус и рассекает его под любым углом, причем рассматривает обе конические полости, что позволяет, наконец, получить вторую ветвь гиперболы. Из стереометрического определения выводятся симптомы кривых – словесные описания, аналогичные современным уравнениям.



Чтобы вывести симптом параболы, рассмотрим для начала конус рассеченной плоскостью так, что  $GL$  параллельна образующей  $AB$ . Точка  $L$  произвольно выбирается на оси сечения, точка  $K$  лежит на краю сечения, а полухорда  $LK$  параллельна основанию конуса. Проведем через  $L$  также и отрезок  $MN$  параллельный  $BC$ . Очевидно, что точки  $M$ ,  $N$  и  $K$  лежат на одной окружности, а, значит,  $LK^2 = ML \cdot NL$ .

Теперь запишем следующие пропорции

$ML/GL = BC/AC$ , откуда  $ML = GL \cdot BC/AC$ ;

$NL/GA = BC/AC$ , откуда  $NL = GA \cdot BC/AC$ .

Объединим все три соотношения вместе и получим

$$LK^2 = GL \cdot GA \cdot BC^2 / AC^2.$$

Заметим, что отрезок  $GL$  является переменным расстоянием от вершины сечения  $G$  до проекции точки  $K$  на ось сечения (до точки  $L$ ), то есть, фактически – одной из координат

нат. Переменный отрезок LK является второй координатой для точек рассматриваемой кривой. Комбинация  $GA \cdot BC^2 / AC^2$  остается постоянной и зависит лишь от геометрии самого конуса, поэтому Аполлоний для удобства вводит отрезок  $GF = GA \cdot BC^2 / AC^2$  (в нашем понимании это просто числовой коэффициент). В результате имеем окончательное уравнение вида

$$LK^2 = GL \cdot GF.$$

Если мы введем обозначения  $y = LK$ ,  $x = GL$ ,  $2p = GF$ , то получим каноническое уравнение параболы в декартовых координатах  $y^2 = 2p \cdot x$ .

Разумеется, в «Конических сечениях» данный симптом описывается словесно: квадрат, построенный на полухорде LK, должен равняться прямоугольнику, построенному на GF (должны равняться заштрихованные площади, как это показано на чертеже в центре). Иными словами, парабола на плоскости строится следующим образом. Проводится горизонтальная ось. В начале координат (точке G) строится перпендикулярный оси отрезок GF. Далее к каждой координате L на оси прикладывается такой квадрат со стороной LK, площадь которого равна прямоугольнику со сторонами GF и GL. Само название «парабола» происходит от введенного Аполлонием термина  $\text{παράβολή}$  (приложение), поскольку построение точек этой кривой сводится к задаче о приложении.

Аналогичным образом для эллипса Аполлоний получает уравнение  $y^2 = 2p \cdot x - x^2 \cdot p/a$ , причем  $p$  и  $a$  являются константами. Иными словами квадрат, построенный на полухорде LK, равен прямоугольнику, построенному на GF, но уменьшенному на некоторую величину (итоговой является площадь с мелкой штриховкой на чертеже справа). Таким образом, мы имеем задачу о приложении с недостатком. Отсюда происходит и название «эллипс», поскольку греческое ἔλλειψις означает «недостаток».

Задача о нахождении точек гиперболы сводится к приложению с избытком (ὑπερβολή переводится как «избыток»), и описывается уравнением  $y^2 = 2p \cdot x + x^2 \cdot p/a$ , то есть квадрат, построенный на полухорде LK, равен прямоугольнику, построенному на GF с некоторой дополнительной прибавкой (вся заштрихованная площадь на чертеже слева).

Далее Аполлоний рассматривает конические сечения в алгебраической логике (хотя и продолжает рассуждать геометрически), исследуя свойства полученных уравнений и показывая инвариантность введенных симптомов относительно преобразований систем координат. Хоть вся работа ведется в отрыве от стереометрии (конус был нужен лишь для получения параметров), но при этом доказывается полное тождество новых уравнений и старых определений.

В последующих частях книги Аполлоний описывает особые точки и линий на исследуемых кривых: фокусов, асимптот, полюсов и поляр, пересечений и касательных. Опреде-

ляются площади сегментов, строятся нормали и эволюты, определяются максимумы и минимумы, а также решаются различные геометрические задачи.

# Соперничество Архимеда и Аполлония

Почти сразу Аполлония обвинили в плагиате: якобы он просто переработал неопубликованные труды Архимеда. При этом уже в предисловии «Конических сечений» указывается, что автор по большей части лишь систематизировал и обобщил открытия своих предшественников. Отсюда можно заключить, что скандал раздували греческие математики, невзлюбившие Аполлония за его переход на сторону римской партии. В действительности же ситуация была скорее обратной, и он скромно преуменьшал собственные достижения, а не приписывал себе чужие.

Судя по всему, в реальности имело место здоровое заочное соперничество двух великих математиков. Так, в ответ на работы Архимеда «Об измерении круга» и «Исчисление песчинок» (посвященной в частности наименованию больших чисел), Аполлоний написал сочинение с сатирическим названием «Ускорение родов», где иным путем нашел более точное значение для  $\pi$ , а также предложил достаточно удобную систему обозначения больших чисел, продемонстрировав заодно виртуозные способности к вычислениям.

В ответ Архимед опубликовал свою знаменитую задачу о быках, которая хоть и была отправлена Эратосфену и другим

александрийским математикам, но косвенным адресатом явно подразумевала Аполлония. Условия этой занимательной задачи были следующими. Бог Гелиос пасет на Сицилии четыре стада: белое, черное, рыжее и пестрое. В каждом стаде присутствуют быки и коровы. При этом известно, что

– число белых быков равно  $(\frac{1}{2} + \frac{1}{3})$  от черных быков и рыжим быкам;

– число черных быков равно  $(\frac{1}{4} + \frac{1}{5})$  от пестрых быков и рыжим быкам;

– число пестрых быков равно  $(\frac{1}{6} + \frac{1}{7})$  от белых быков и рыжим быкам.

– число белых коров равно  $(\frac{1}{3} + \frac{1}{4})$  от темного стада;

– число черных коров равно  $(\frac{1}{4} + \frac{1}{5})$  от пестрого стада;

– число пестрых коров равно  $(\frac{1}{5} + \frac{1}{6})$  от рыжего стада;

– число рыжих коров равно  $(\frac{1}{6} + \frac{1}{7})$  от рыжего стада.

Требуется исчислить число голов в стадах Гелиоса. По мнению Архимеда, каждого, кто сможет отыскать решение самостоятельно, уже нельзя будет называть невеждой.

Мы сразу привели формализованное условие в стандартном современном виде, тогда как оригинальный текст представляет из себя стихотворение, в котором даже после перевода не так-то просто разобраться. Сама задача сводится к системе семи уравнений с восемью неизвестными, а наименьшее из возможных решений дает общий размер всех че-

тырех стад, ни много ни мало, в 50 389 073 головы. Произвести все кропотливые вычисления, несомненно, было непросто, но, тем не менее, – вполне реально для античных математиков.

Для тех, кто желает прослыть настоящим мудрецом, Архимед приводит дополнительное условие: во-первых, общее количество белых и тёмных быков представляет собой квадратное число, а, во-вторых, общее количество пёстрых и рыжих быков – треугольное число. В такой постановке задачу удалось решить лишь в XX веке с помощью компьютера. Суммарное число голов скота в данном случае выражается числом из 206 545 десятичных знаков.

Мы не знаем, получилось ли у Эратосфена и Аполлония либо у кого-нибудь другого справиться с полной задачей, но, вероятнее всего, решения не было даже у самого Архимеда. В то время просто отсутствовали способы хотя бы обозначить числа таких больших порядков, не говоря уже о вычислениях.

Неизвестно, каким образом Аполлоний сделал все свои открытия. Его книги написаны ясно и логически строго, но вот понять ход мыслей непросто – он полностью сокрыт за виртуозными построениями геометрической алгебры. Нигде не указывается, как именно автор пришел к необходимости делать именно такие построения, а не какие-либо иные. Вероятно, как и в случае с Архимедом, использовался какой-то

упрощенный метод математического анализа, чтобы заранее понимать, к какому результату необходимо прийти. Хотя работы Аполлония активно изучались и комментировались, но его исследования не получили, да и не могли получить, почти никакого развития. Конические сечения применялись античными, а затем и мусульманскими учеными в основном для решения кубических уравнений, а также в оптике параболических зеркал. Все это не имело особого практического значения. Лишь в XVII веке, когда Ферма и Декарт создали аналитическую геометрию, теория конических сечений получила, наконец, свое развитие в работах Галилея, Кеплера и Ньютона.

# Математика в римский период

Удивительный расцвет греческой геометрии в III веке до нашей эры происходил на фоне общего упадка классической культуры. Птолеми и Аттал I смогли обеспечить относительно спокойную жизнь в своих столицах и организовать благодатные условия для плодотворной работы придворных ученых, которые не столько приносили реальную пользу, сколько развлекали царей и тешили их самолюбие. По традиции считалось, что достойных правитель должен быть сведущ в философии, поэтому правители эллинистической эпохи иной раз действительно старались приобщиться настоящей мудрости, однако же, будучи, абсолютными властителями своих земель, не допускали никакого излишнего вольнодумства и почти всегда оказывались падкими на лесть и суеверия. Развиваться могла лишь полностью оторванная от реальной жизни теоретическая математика, а у практика-Архимеда не нашлось ни последователей, ни учеников. Далее началось неминуемое угасание и увядание – сочинения Евклида, Архимеда и Аполлония стали каноническими на два тысячелетия. Какие-то геометрические исследования касались теперь лишь частных и специальных вопросов (например, придумывались новые способы решения проблемы удвоения куба), но в целом новые математики лишь коммен-

тировали и дополняли классические тексты, даже не пытаясь двигаться дальше.

С началом II века до нашей эры в Средиземноморье началась эпоха господства римлян, которые пренебрежительно относились ко всякой теоретической науке, а математику считали полезной лишь потому, что она приносила пользу в военном планировании, строительстве или землемерии. Сложно найти аргументы против подобной точки зрения: даже большая часть теорем Евклида, не говоря уже об открытиях Архимеда или свойствах конических сечений, никак не могли быть применены на практике, поскольку не существовало реальных задач, требующих столь изощренных и точных решений. Геометрия греков представляла собой скорее часть их культуры, чем науку в нашем современном понимании, а Рим считал себя вправе не уважать обычаи завоеванных народов, ведь они не помогли им сохранить свободу, то есть – оказались бесполезны. Поэтому нам неизвестен ни один выдающийся математик-римлянин, а вся оригинальная геометрия латыни представляет собой справочники для землемеров, содержащие упрощенные формулы с варварскими приближениями.

Разумеется, талантливые и даже выдающиеся эллины продолжали рождаться, причем даже в римскую эпоху их было не мало. Старые философские школы обучали всех желающих (и готовых заплатить), а египетская Александрия еще много веков оставалась центром учености и мудрости. Од-

нако же все новые математики являлись лишь эпигонами, пытающимися систематизировать и приспособить наследие прошлого под текущие нужды. Кстати, это у них неплохо получалось.

Так, Герон Александрийский, живший в самом начале нашей эры, в книгах «Метрика» и «Геометрия» приводит множество точных и приближенных формул, которые могут оказаться полезными на практике, а в труде «О диоптре» им изложены правила земельной съемки. Еще больше занимательных сведений включил в свое «Математическое собрание» Папп Александрийский, живший в конце III начале IV века нашей эры. Его работа является полнейшей хрестоматией по классической геометрии античности. Тем не менее, практически весь материал указанных сочинений заимствован у ранних авторов (даже знаменитая формула Герона была известна ещё Архимеду) и содержит очень мало новых оригинальных результатов.

С другой стороны необходимо признать, что в рамках существовавших подходов и средств было сделано, пожалуй, всё возможное, и даже кое-что сверх того. Оставаясь в рамках исключительно геометрии, нельзя было уже двигаться дальше. Кроме того и сама социальная обстановка не требовала большего – относительно узкий круг гениальных профессионалов творил и работал в первую очередь для своих коллег и соратников. Оригинальные классические математические сочинения невероятно трудны. Те из древних, кто

восхищался, например, ясностью доказательств Архимеда, никогда не читали его работ, в которых, как и у Евклида или Аполлония, доказательства длинны, запутанны и берутся как бы из ниоткуда, безо всякого намека на то, как авторы сумели их отыскать. Сегодня мы читаем переработанные издания древних математических текстов, которые появились на свет благодаря тому, что античные и средневековые комментаторы веками растолковывали и дополняли старинные рукописи, а ученые нового времени переводили геометрическую алгебру и словесные преобразования на язык современной нам символики. В древности же даже даровитый математик вынужден был тратить всю свою жизнь просто на то, чтобы усвоить уже существующую мудрость своих великих предшественников. За века римского господства государственное устройство существенно усложнилось, поэтому многим людям требовалось уметь считать, чертить, планировать и проектировать, но на кропотливое изучение сложнейших оригинальных текстов у таких людей просто не было времени.

После начала IV века нашей эры античная геометрия пришла уже в самый настоящий упадок: вскоре Европа забудет даже формулу для определения площади треугольника. Однако византийский, а позже – арабский восток сохраняет греческую мудрость и даже дополняет ее.

Если же говорить о том, что сама античная математика

оказалась полностью оторванной от практической жизни общества, то немалую роль, конечно же, сыграл и отказ от работы с числами. Он привел к тому, что, несмотря на всю гениальность греческих геометров, у них так и не появились средства для математического описания физических процессов. Сложно придумать что-либо менее пригодное для записи формул, чем геометрическая алгебра.

Живший в III веке нашей эры Диофант Александрийский в книге «Арифметика» впервые предложил некоторую алгебраическую символику и даже использовал букву  $\zeta$  для обозначения неизвестной величины, что позволило существенно сократить запись выражений, но не более того. Введенных обозначений не хватило для создания общих методов, и поэтому все задачи и уравнения, решаемые Диофантом, оказались никак не связанными между собой, требуя отдельного подхода каждая. Поскольку все неизвестные обозначались одинаково, приходилось их нумеровать, что также было весьма неудобно. Кроме того Диофант считал отрицательные и иррациональные числа бессмысленными, не имел представления о нуле и не подозревал, что у исследуемых им квадратных уравнений может быть два корня. В итоге предложенная символика хоть и была положительно оценена другими математиками, но общеупотребительной не стала.

Таким образом, у греков вовсе не имелось математических средств для того, чтобы хотя бы приступить к созданию физики. Единственными исключениями тут выступали оп-

тика и астрономия, которые продолжали развиваться на протяжении всей античной эпохи. Если ко II веку до нашей эры пламя теоретической геометрии уже угасло, то различные вычислительные (в основном также геометрические) методы наоборот развились столь сильно, что о работах Архимеда в этой области вовсе забыли, как о несущественных. Математика превратилась в служанку астрономии. Все остальные рассуждения об устройстве мира продолжили носить в основном исключительно спекулятивный характер.

# ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ. ПРИРОДА НЕ ТЕРПИТ ПУСТОТЫ

## Эмпирическая физика древних цивилизаций Нила и Междуречья

Долгие тысячелетия человек получал сведения об окружающем мире в процессе своей повседневной борьбы за существование. Необходимость добыть пищу, построить жилище, защититься от хищника или врага – всё это требовало немалых знаний. Постепенно совершенствовались орудия труда, развивалась речь, а накопленная мудрость множилась и передавалась из поколения в поколение. Никто, однако же, не занимался систематическим изучением природы, и лишь с появлением земледелия в некоторых регионах начали формироваться предпосылки к возникновению натурфилософии и точных наук.

На ранних этапах развития первых цивилизаций мы не находим никаких свидетельств того, что у людей имелись хоть какие-то представления из области физики. Глиняные

клинописные таблички шумеров и папирусы египтян содержат разнообразные записи о математике, астрономии, поэзии, музыке, сельском хозяйстве, медицине, политике и многом другом, но не о естествознании. Судя по всему, никаких физических представлений тогда попросту не существовало и это в первую очередь связано характером мышления древних людей. В самом деле, все первые цивилизации возникали как рабовладельческие монархии, причем правитель имел практически божественный статус. Жреческая каста осуществляла управление государством за счет исполнения всепроникающих религиозных ритуалов и обрядов, регулирующих каждый аспект жизни общества в целом и каждого отдельного человека в частности.

Древние цари являлись всесильными монархами (в реальности, разумеется, влияние класса жрецов было тоже немалым), чье слово, подобно божественному, считалось абсолютным законом и не подлежало обсуждению. Соответственно, и каждое явление природы объяснялось волей богов или иных высших существ. Никому не приходило в голову свободно размышлять на эту тему, поскольку сама структура общества не предполагала такой возможности – свободно размышлять. Развивалась лишь та узкая область физики, без которой не могла существовать никакая сельскохозяйственная цивилизация, а именно – техника измерений. В самом деле, требовалось справедливо делить землю, уметь отсчитывать периоды времени для своевременного сева и жат-

вы, а также определять вес урожая. Всё остальное оказывалось стиснуто социально-политическими рамками.

Мы уже видели, что сравнительно высокий уровень математических знаний в Шумере и Вавилоне не подразумевал никакой теоретической основы – решения представляли собой готовые практические рецепты, найденные посредством многократных проб и ошибок. Максимальный уровень обобщения той эпохи это классификация задач по типам. Аналогичным образом обстояли дела и в физике – она была исключительно опытной и прикладной.

Нет сомнений, что грандиозные постройки, прекрасные художественные произведения, а также искусные бытовые изделия жителей Междуречья требовали знания многих правил и приемов, которые могли возникнуть только за счет обобщения многовековых наблюдений. Технологии развивались очень медленно за счет множества попыток создания более простых вещей, где по воле случая или же из каких-то иных соображений варьировались условия работы и свойства материалов. Всякое такое дело занимало немало времени, причем каждый раз просто констатировалась удача либо неудача. Более глубокие умозаключения требовали столетий неосознанного опыта, который формировался просто как традиция и часть культуры, а не четко отрефлексированное знание. Примитивная «эмпирическая физика» складывалась усилиями огромного числа людей, которые не

столько обучали других, сколько из века в век передавали некий обобщенный коллективный опыт, воспринимая его как данность, как нечто существовавшее всегда и ниспосланное свыше.

При этом умение строить надежные стены и хитроумные оросительные системы не воспринималось отдельно от веры в необходимость умилостивить всемогущих богов, произвести правильное заклинание и совершить важный ритуал. Все это в представлении шумеров и вавилонян обеспечивало успех работы не в меньшей степени, чем навыки обращения с инструментом или мастерство обработки глины, древесины либо камня. Простейшие научно-технические сведения неразрывно смешивались с магией, не позволяя науке выделиться в отдельную область человеческих знаний.

У египтян мы видим в целом схожую картину. Правда их математические и астрономические знания заметно уступали шумерским, но этому есть вполне понятное объяснение: на берегах Нила наблюдали за небесами в первую очередь из необходимости точно исчислять время, поскольку от этого зависело сельское хозяйство и сроки ритуалов. Вавилоняне же, кроме прочего, советовались с астрологами по любому важному поводу, и потому их звездные таблицы и расчеты непрерывно уточнялись. Парадоксально, но египтяне использовали астрономию более научным образом, а потому разбирались в ней хуже.

Что же касается «эмпирической физики», то она в Древнем Египте была, пожалуй, развита сильнее, чем у шумеров и вавилонян. Об этом нам говорят искусные изделия ремесленников и удивительные архитектурные памятники. Египетские ювелиры владели многими знаниями о свойствах различных металлов, сплавов и минералов. Архитекторы и механики виртуозно применяли хитроумные механизмы для сооружения грандиозных пирамид, устраивая в них, например, специальные полости для уменьшения нагрузки на кровлю погребальной камеры. Скульпторы создавали колоссальных размеров статуи, что, безусловно, требовало использования технических приспособлений, позволяющих осуществлять масштабное копирование с небольших моделей.

Вся перечисленная египетская мудрость точно так же по крупицам собиралась в результате множества проб и ошибок безо всякого серьезного анализа. Впрочем, вероятно, иногда, в особо важных случаях, использовались и эксперименты на специальных макетах. Однако же вера в магию и всемогущих богов также полностью владела умами всех без исключения египтян. Заклинания и обряды пронизывали каждый аспект их жизни, сливаясь, в том числе, и с примитивными физическими представлениями, не давая им сформироваться в отдельную систему. Науки как таковой на берегах Нила, как и в Междуречье, не было вовсе.

# Физика древнего Китая

Совсем иначе обстояли дела в Древнем Китае, где историческая обстановка способствовала появлению достаточно сложной системы физических учений. Здесь важно отметить, что уже во II тысячелетии до нашей эры Китай не представлял собой единого крупного государства, а состоял из множества постоянно враждующих деспотий, существующих за счет сельского хозяйства и общинного землевладения. Иной физики, кроме эмпирической, китайцы тогда еще не знали, а уровень ее развития, если судить по архитектурным памятникам и ремесленным изделиям, мало отличался от вавилонской и египетской. Формально страна была объединена небесным мандатом главенствующего дома Чжоу, однако уже к VII веку до нашей эры эта власть стала чисто номинальной, поэтому в Китае начался так называемый Период Весен и Осеней – одни княжества стали активно поглощать владения других. За несколько столетий их число уменьшилось с 1800 до 140. Наиболее могущественные владельцы сосредоточили в своих руках обширные земли и значительные богатства.

Одновременно с этим в VI веке до нашей эры в Китай проникает искусство производства железа, и начинается связанная с ним техническая революция. Бронзовые инструменты

и оружие вытеснялись новыми более качественными и дешевыми изделиями. Это, как и возникновение крупных государств, способствовало небывалому росту производственных сил. Появилось множество ремесленников, каждый из которых имел свою специальность. Люди теперь могли трудиться в собственных мастерских, тогда как раньше отдельные умельцы работали лишь при княжеских дворах. Стремительное разложение крестьянских общин способствовало тому, что стало несложно привлечь большое число работников или же приобрести рабов из числа разорившихся земледельцев (похожую картину мы уже видели, когда говорили о событиях в Элладе).

В эту эпоху стремительной ломки древнего китайского общественного уклада и разложения старой феодальной системы возникала потребность в том, чтобы объяснить и осмыслить происходящие перемены, однако отсутствие единого политического центра оставляло возможности для разнообразных взглядов и точек зрения. К V веку до нашей эры, когда Период Вёсен и Осеней сменился периодом Сражающихся царств, уже сформировалась так называемая сотня школ китайской мысли. Многие философы находили себе покровителей в лице князей или богачей-купцов, либо же странствовали вместе со своими учениками в поисках места, где их примут в качестве советника или придворного мудреца. Если в одних землях всякое изучение наук запрещалось и преследовалось, то в других наоборот – приветствовались

любые учения, в том числе и связанные с устройством природы. Тогда же впервые появились китайские книги с упоминанием имен их авторов, тогда как более ранние сакральные тексты по определению не могли иметь индивидуально-го автора.

Разумеется, наивно было бы ожидать появления в Древнем Китае сочинений целиком посвященных физике, однако отдельные мыслители включали натурфилософские суждения в свои обширные философские трактаты. Так, живший в конце V и начале IV века до нашей эры талантливый механик и военный инженер Мо Ди путешествовал с верными учениками из одного малого царства в другое, занимался там строительством крепостей, предлагал услуги дипломата и одновременно надеялся встретить просвещенного правителя, который прислушается к странствующему мудрецу, проповедующему пацифизм и альтруизм. У Мо Ди нашлись верные последователи, тексты которых собраны в корпус «Мо-Цзы», то есть в книгу учителя Мо. Что именно в этом трактате принадлежит самому учителю – неясно.

В трудах моистов среди рассуждений о благе, добродетели, любви друг к другу, экономности и фортификации (которая помогает предотвратить завоевательные войны) встречаются также и отдельные мысли посвященные логике, математике и физике. Очевидно, что за века проб и ошибок китайские мастера и строители смогли усвоить множество

технологических умений, которые требовалось обобщить в некоторую общую систему взглядов. Предполагалось, что в результате из практических правил удастся получить новое знание, которое сможет принести еще большую пользу. Конечно, дать полную картину натурфилософских воззрений той эпохи почти невозможно – этому мешают и древность текстов, и образность языка – но, тем не менее, уровень моистской физики поражает.

Поскольку последователи Мо Ди по своему роду деятельности часто занимались всяческими инженерными делами, то неудивительно, что особое внимание они уделяли механике. Было сформулировано четкое определение силы – это то, что заставляет двигаться имеющие форму вещи. Также имелось понимание того, что тяжесть является силой, которая вызывает падение предметов, если только на пути не встречается какая-либо опора. Более того, в моистском каноне прямо утверждается, что прямолинейное движение никогда не приостановится, если не встретит противодействующую силу. Эта близкая к первому закону Ньютона формулировка объявлялась в «Мо-Цзы» столь же верной, как и то, что бык – не является лошастью. Из более позднего стихотворения имперского чиновника Цзя И (жил в первой половине II века до нашей эры) можно заключить, что китайские мыслители понимали – и текущая вода в канале, и летящая стрела в воздухе замедляются из-за того, что встречают противодействующую им силу. Таково, по словам Цзя И, дао природы.

Также в «Мо-Цзы» высказывается предположение о причинах разрушения тел: ломкость зависит от гладкости и сплошности материала. Далее приводится пример, что даже от очень легкого груза волос рвется, поскольку он не является гладким и сплошным, а будь он таковым, то не разорвался бы. Конечно, подобное объяснение, как и приведенные выше рассуждения о движении, носят исключительно пространственный характер, не формируя никакой единой теории и не подразумевая математизации.

Однако же в трудах моистов встречается также описание работы блока и рычага, без которых не могло тогда вестись никакое строительство. Также там детально исследуется проблема равновесия. Последняя задача вытекала еще и из неизбежной для любого развитого государства необходимости стандартизации мер – сравнение гирь по всему Китаю осуществлялось ежегодно в осеннее равноденствие. При взвешивании или измерениях в обязательном порядке подразумевались точные числовые расчеты. Имперские чиновники даже понимали то, что весы необходимо выравнять после их расширения либо сжатия от жары или холода.

Не менее впечатляющими выглядят познания древних китайцев в оптике. Уже тогда им была известна *camera obscura*, причем дошедшие описания совершенно верно излагают образование обратного изображения. Для геометрических построений световые лучи полагались исходящими непосредственно от рассматриваемого объекта, но в «Мо-Цзы» пря-

мо указывается, что освещенные предметы святят отраженным светом. Всё сказанное помогло китайцам построить еще и теорию отражения в зеркалах различной формы, а вот о законах преломления света нет упоминаний ни в одном известном нам источнике той эпохи.

Совместно с музыкантами древние китайские ученые довольно подробно изучили правила гармонии. Имелось четкое понимание того, что ноты связаны между собой определенными математическими соотношениями, а резонансные колебания струн происходят посредством воздействия звука, которое хоть и невидимо, но все же имеет причину. Высокая точность музыкальных исследований позволила установить особую метрологическую систему, где в качестве эталона длины принималась бамбуковая свирель, настроенная на определенную ноту. Вдоль такой свирели умещалось 90 зерен черного проса, а всего в нее помещалось 1200 таких же зерен, масса которых принималась за эталон веса.

И, безусловно, любой рассказ о физике древнего Китая окажется неполным без упоминания магнетизма. Судя по всему, уже в VI веке до нашей эры китайцы знали о том, что железная руда притягивается кусками природного магнетита. Позднее была замечена способность магнитов определенным образом ориентироваться в пространстве, однако ее ошибочно приписывали воздействию звезд. Первоначально с помощью этого открытия стали создавать механизмы для гаданий и предсказаний, а вот простейшие компасы по-

явились существенно позже, причем считалось, что магнитная стрелка указывает на юг. В литературе I-III веков нашей эры китайские поэты уже используют словосочетание «указатель юга» как распространенную и всем понятную метафору, например, для обозначения человека с твердыми моральными принципами либо же служащего примером для подражания.

Столь обширные физические познания китайских ученых, не должны, однако же, вводить читателя в излишнее заблуждение. Моисты даже не пытались подвергнуть полученные результаты хоть какому-то анализу и теоретической обработке, оставаясь в рамках сугубо качественных объяснений. Более того, опора на эмпирический способ получения знаний заставляла последователей Мо Ди признавать любое суеверие, если о нем свидетельствовали многие люди.

Какую-то общую «физическую» теорию попробовали предложить даосисты, которые распространили известные им акустические факты на все виды явлений: мир представлялся единой средой, которую пронизывают звуковые, световые и иные взаимодействия, а все явления возникают как некий резонанс. Увы, несмотря на кажущуюся прогрессивность, такая теория могла служить лишь метафизической опорой для различных эзотерических соображений. Построить на подобных соображениях реальную науку не представлялось возможным, а, впрочем, даосизм и не ставил перед собой подобной задачи – материалистические элементы в

нем постепенно выхолащивались мистицизмом.

Хотя у историков нет полной ясности касательно классовой принадлежности большинства последователей Мо Ди, но представляется наиболее вероятным, что они в массе своей являлись выходцами из наиболее образованных городских ремесленников и купцов. Эти люди смогли добиться высокого положения в эпоху непрерывных войн, ведь всем и везде требовались образованные инженеры, умеющие строить крепости, а также организовывать оборону и снабжение. Когда в III веке до нашей эры китайские государства были, наконец, объединены в единую империю, моисты почти сразу же утратили статус востребованных технических специалистов, потеряли политическое влияние, а их философская школа практически исчезла.

Одновременно с этим все большее значение в Поднебесной начинают приобретать последователи жившего в VI-V веках до нашей эры мыслителя Кун Цю, который более известен как Кун Фу-цзы (учитель Кун) или же в европейской транскрипции – Конфуций. Изначально его учение являлось всего лишь одной из Ста школ, однако в эпоху строительства имперского бюрократического аппарата конфуцианцы приобрели господствующее влияние. Они последовательно доказывали необходимость гармоничного обустройства человеческих дел в интересах государства и правящей аристократии, одновременно выступая противниками всякого изуче-

ния природы. Исследование проблем движения тел, их твердости или цветов объявлялось пустым времяпрепровождением. О природе следовало не размышлять, а управлять ею, ведь неграмотные ремесленники могут отлично выполнять свою работу, будучи совершенно несведущими в естествознании.

Довольно быстро конфуцианство обрело статус государственной идеологии и продолжало оставаться таковой, несмотря на все исторические потрясения и смены династий. Философское учение, рассматривающее моральные вопросы взаимоотношений правителей и подданных, превратилось в бюрократическую религию, регламентирующую все аспекты поведения князей, чиновников, воинов и крестьян. Конфуцию посмертно приписали дарованную небом божественную мудрость, которую никто не решался оспаривать. Зарождающаяся наука сменилась магией, астрологией, гаданиями и мистикой. Любые тенденции к изменению парадигмы мышления пресекались могучей имперской инерцией. Какое-то развитие имелось лишь в области ремесленной эмпирической физики проб и ошибок. В таком состоянии Китай существовал две тысячи лет вплоть до XX века.

# Древнеиндийская физика

Особой оригинальностью отличаются и начатки физических воззрений, которые возникали с VII по II века до нашей эры у древнеиндийских мудрецов. В тот период территория современной Индии представляла собой пестрый конгломерат различных царств и княжеств. Основу экономики составлял труд свободных крестьян и искусных ремесленников, торговля процветала, а купцы ненамного уступали по влиянию земельной аристократии. Во многих государствах чеканилась своя монета, вес которой определялся с высочайшей точностью.

Как мы уже понимаем, описанные социально-экономические условия должны были способствовать интеллектуальному расцвету, и он действительно произошел – многочисленные школы брахманов обучали молодежь самым разным философским воззрениям. Наряду с древними традиционными текстами «Ригвед» и «Упанишад» иной раз излагались оригинальные учения, причем свободно развивались даже противоречащие друг другу точки зрения, в том числе и отрицавшие авторитет Вед. Постепенно в индийской философии сформировалось шесть основных ортодоксальных систем мысли – миманса, веданта, йога, санкхья, ньяя и вайшешика, а также две важнейших неортодоксальных – джай-

низм и буддизм.

Наиболее полно физические воззрения отражены в системе вайшешика, а ее основатель, известный под прозвищем Канада (пожиратель частиц), изложил свои идеи в афоризмах текста «Вайшешика-сутра». Согласно учению Канады всё познаваемое основано на движении, которое способствует соединению и разъединению. Постулируется, что в каждый конкретный момент у субстанции возможен лишь один вид движения, причем оно может быть получено только извне и разрушается тем эффектом (сопротивлением), который оно само и создает. Причинами движения называются волевое действие, упругость и напор, причем последний создается толчком либо ударом. Напор поддерживает движение в заданном направлении и сохраняется, пока тело не встретит преграду. Иными словами, выпущенная из лука стрела, по мнению последователей Канады, приобретает движение от контакта с тетивой, а затем летит благодаря приобретенному напору.

Столь прозорливые и точные взгляды на природу движения могли бы лечь в основу глубоко проработанной механической теории, однако, в действительности вайшешика так и осталась исключительно абстрактной философской концепцией, положения которой не нашли никакого математического развития. При этом знания древнеиндийских математиков были весьма глубоки и немногим уступали, например, знанием египетских жрецов, а то и превосходили их. Тем не

менее, Канада даже не пытался различать движения по их скоростям, останавливаясь исключительно на разнице в направлениях.

Подобным же образом обстояли дела и во взглядах на строение вещества. Согласно «Вайшешика-сутре», существует девять составляющих реальности: земля, вода, свет и воздух (все состоящие из атомов), а также пространство, время, направление, вечный дух и разум. Атомы идеальны, то есть сферичны, вечны, способны соединяться, образуя молекулы, и составляют в итоге весь доступный наблюдению материальный мир. Разнообразные вещества являются лишь преходящей формой существования вечных частиц, причем процесс их сочетания в доступные нашим чувствам предметы проходит поэтапно. Сперва два однотипных атома соединятся в диаду, а затем уже комбинация из трех (необязательно однотипных) диад образует триаду, которая уже есть минимальный объект доступные ощущениям. Возможны также сочетания и большего числа диад, тогда как простые сочетания из множества вечных атомов давали бы, по мнению Канады, лишь более крупные, но такие же вечные образования, а не привычные преходящие вещества, разнообразие которых объясняется различиями состава диад в триадах.

Разумеется, древнеиндийская атомная теория являлась чисто спекулятивным натурфилософским учением, построенным на умозрительных абстрактных аргументах. Едва ли возможно построить на такой основе какую-то работающую

химическую систему, но, тем не менее, при иных исторических обстоятельствах данные взгляды могли бы стать надежным фундаментом для дальнейшего изучения строения вещества, чего, впрочем, так и не произошло. В силу социальных процессов Индия так и не сумела приступить к формированию истинно научного мышления.

# Ранняя древнегреческая физика

Наиболее же глубокую систему древних физических взглядов дают нам именно античные источники. Необходимо, впрочем, согласиться с тем, что они во многом являются просто наиболее полно сохранившимися и хорошо изученными, по сравнению, например, с китайскими или индийскими. До известного момента греческое рабовладение способствовало разделению труда и некоторому развитию техники, поскольку у свободных граждан появлялся досуг – в том числе и для интеллектуальных занятий. Рабам, однако же, обычно поручались лишь самые примитивные занятия, требующие простых и грубых инструментов. Сложный механизм невозможно было доверить несвободным людям, которые совершенно не были заинтересованы в результате своего труда. Хозяевам же всегда оказывалось проще и дешевле купить еще нескольких рабов, чем облегчать труд уже имеющихся с помощью хитроумных машин.

Тем не менее, если говорить о механизмах, то к известным издревле рычагу и клину эллины добавили прессы для виноделия, ворота для подъема и перемещения грузов, блоки и полиспасты для строительства, а также зубчатые передачи для преобразования вращательного движения. Также грекам были известны водяные колеса, червячные переда-

чи и насосы, однако применялись они редко, так как чаще всего (в силу своего несовершенства) проигрывали в эффективности рабам. А коль скоро такие механизмы использовались нечасто, то не копился опыт их эксплуатации, а значит, они не могли осознанно совершенствоваться. Навероятно трудоемкие сельское хозяйство, а также добыча камня или руды – те области человеческой деятельности, которые сегодня немыслимы без сложных машин и инструментов – ложились на плечи рабов, и потому оставались у греков технически слаборазвитыми.

Зато сложные приспособления активно развивались в интересах военного и морского дела, которые всегда оставались уделом свободных граждан, а невольникам там отводилась разве что роль гребцов. Торговые суда и военные корабли античности представляли собой искусные и сложные инженерные конструкции. В сражениях греческие, а позже и римские воины использовали разнообразные метательные механизмы со специальными прицельными приспособлениями и приборами для измерения траектории. Обыкновенная для того времени баллиста могла метнуть камень массой в несколько килограммов на сотни метров.

Другим видом деятельности, где достаточно часто использовались механические устройства, было ремесленное производство, которым в существенной степени также занимались свободные греки – в собственных мастерских, либо же нанимаясь работать за плату. Гончарные круги, ножные

токарные станки, разнообразные кузнечные инструменты, а также множество иных полезных устройств, помогающих в ткацком, ювелирном и кожевенном деле способствовали тому, что греческие товары ценились по всему Средиземноморью. Конечно, в мастерских трудилось немало рабов, однако торговая конкуренция все же заставляла вкладываться в сложные механизмы, если они помогали обеспечивать высокое качество продукции и, как следствие, получать прибыль. Сама торговля, требовавшая строго учета золота, серебра и драгоценных камней, привела к повсеместному распространению точных рычажных весов, а бесчисленные операции взвешивания довели понимание закона рычага до стадии очевидности.

Конечно же, все описанные достижения относились именно к эмпирической физике, знания которой складывались из многовекового практического опыта. Однако именно греческая мысль сумела выйти за пределы абстрактных рассуждений и двинуться в сторону настоящих физических теорий, которые позволяли, в том числе, производить инженерные расчеты (чаще всего – неверно). Впрочем, первые античные натурфилософские концепции мало отличались от того, что мы уже встречали в древнем Китае и Индии.

В предыдущих главах говорилось о том, как ранние греческие философы отвечали на вопрос о первичной субстанции, причем эта проблема оказалась тесно переплетена не только с религией, космогонией и теорией строения веще-

ства, но также и с взглядами на справедливое устройство общества. Фалес из Милета, живший за двести лет до Платона, первым предположил, что любая вещь имеет в своей основе некоторое единое основание, и счел началом всего воду. Если говорить о первооснове всерьез, то вода подходит на эту роль ничуть не хуже других известных тогда веществ, однако мы не знаем, имелась ли в виду именно та самая жидкость, из которой состоят моря и реки, либо же просто некая умозрительная влага. Также неясно, должны ли были камни действительно состоять именно из воды, либо же просто у них отмечалось нечто общее со льдом. На самом деле не так важно, какие именно аргументы приводил Фалес, но, судя по всему, некоторые греки сочли его концепцию если не убедительной, то хотя бы разумной.

В любом случае уже Анаксимадр, друг и ученик Фалеса, посчитал, что жидкость не имеет никаких преимуществ перед газами и твердыми телами, а потому первоосновой должна быть некая особая бесконечная субстанция «апейрон», из которой состоят вода, земля, огонь и воздух. С одной стороны такой шаг выглядит достаточно разумным, но, если вдуматься, то он ничего не объясняет, а лишь отодвигает решение куда-то вглубь. Видимо, поэтому другой милетец, Анаксимен, начал развивать идею о том, что основной субстанцией является воздух, который, подобно человеческой душе, объемлет весь мир.

Хоть милетцев и принято называть физиками, но их уче-

ния (о которых мы на самом деле очень мало знаем) ничуть не напоминали современную науку, более того – можно только гадать, как эти философы вообще могли прийти к своим взглядам. Ясно лишь, что никто из них даже не пытался использовать свои рассуждения о первооснове для каких-то практических целей за исключением разве что политических. В этом смысле характерны воззрения обожествляющего войну представителя царского рода Гераклита из Эфеса (современника Анаксимена), который учил, что основой всего является вечно живой возгорающийся и угасающий мятущийся огонь. В какой мере диалектическая социально-философская концепция Гераклита вообще затрагивала реальные вопросы о структуре вещества – сказать сложно, ведь его тексты не сохранились. Скорее всего, там не было ни слова хоть о чем-то, что можно с натяжкой назвать современной физикой или химией.

Живший на Сицилии Эмпедокл сделал еще один шаг в сторону приближения философии к реальной науке. Этот философ первым высказал идею, что различные вещества состоят сразу из четырех элементов – воды, воздуха, земли и огня – смешанных в различных пропорциях. Такая концепция хоть и была неверной по своей сути, но уже вполне допускала как возможность построения химических теорий, так и эмпирическую проверку. О последней, впрочем, греки почти никогда не задумывались, что открывало дорогу для бесчисленных спекуляций и откровенных фантазий.

# Первоэлементы и атомы

Здесь сразу необходимо сделать оговорку, что мы точно также не знаем, что именно понималось под четырьмя элементами: прямые значения их названий, абстрактные агрегатные состояния материи или же какие-то условные вещества, которые хотя бы в теории можно получить в своем чистом виде. Вероятно, каждый философ отталкивался от общепризнанных в быту четырех понятий, подразумевая далее то, что было нужно. Точно так же непросто определить, какой смысл вкладывали Эмпедокл или Анаксимандр в понятия «любовь», «ненависть», «справедливость» и «воздаяние», используя их для описания устройства мира. Сегодня мы говорим о «законах природы», используя слово «закон» как метафору его юридического значения, однако греки, похоже, считали, что структура человеческих взаимоотношений является прямым отражением общих космических правил. Все это свидетельствует о гигантской пропасти, которая отделяет древнегреческий взгляд на мир от современного.

Именно поэтому необходимо также с крайней осторожностью интерпретировать учение ранних атомистов. Читая сохранившиеся отрывки Демокрита (особенно в переводе) невероятно трудно удержаться от искушения увидеть там смыслы, которые никоим образом не могли быть туда вло-

жены. Концепция гласящая, что первоэлементы не являются едиными средами, но состоят из неделимых частиц, кажется очень близкой к современной химии. Рассуждения о соединениях различных атомов, об их взаимодействии, происходящем лишь по необходимости – все это на первый взгляд выглядит вполне солидно даже по строгим физическим критериям. Однако нельзя забывать, что атомы Демокрита могли быть не только мельчайшими невидимыми глазу частицами, но и огромными глыбами размером с целый мир (но все еще неделимыми), также не менее экзотично выглядит и гипотеза, что сны возникают от воздействия на нас атомов, прилетающих из других миров. Никакого механизма подобного явления не предлагалось, хотя, казалось бы, следовало задуматься об очевидном вопросе: как один-единственный атом мог принести нам информацию о целом мире.

Важно понимать, что для Демокрита одинаково важными были все его мысли, а мы, отсекая «прогрессивное» от «очевидно неверного» совершаем кощунство, которое привело бы философа из Абдеры в ужас. В самом деле, атомистическая гипотеза помогла Демокриту прийти к интересным выводам в геометрии, механике и космологии, но не в химии. Во всех сочинениях, которые ему приписывают – а сохранились лишь малые отрывки – химические вопросы, судя по названиям, не затрагивались вовсе. Зато Демокрит немало рассуждал об этике, а самым важным принципом мироустройства считал изономию, то есть всеобщее равенство

перед законом (тут имеются в виду одновременно и природные процессы, и жители греческого полиса). На самом деле атомизм понадобился Демокриту просто для того, чтобы сочинить непротиворечивое мироустройство, которое бы подчинялось принципам равенства (демократии) и могло выступить альтернативой в борьбе с общепринятым религиозным мифом, защищавшим права старой аристократии. Если ни у каких явлений природы нет преимуществ над другими, то и отдельные люди не должны быть выше остальных. Реальная проблема строения вещества сама по себе была маловажна.

# Дух метафизики

Именно поэтому, когда Парменид из Элеи дошел в своих рассуждениях до крайности и, оспаривая Гераклита, начал доказывать, что всякое движение невозможно вовсе, а наши наблюдения суть иллюзии, он нашел многих почитателей и последователей. Зенон подвел под метафизические рассуждения своего учителя достаточно убедительную логическую и математическую базу – те самые знаменитые апории, о которых мы уже говорили выше. Удивительно тут не то, что Парменид и Зенон были неправы, и даже не то, что они взяли отстаивать заведомо абсурдный тезис. Дело в том, что дискуссия с ними велась в основном также в абстрактной метафизической плоскости. Кажется, что никого в Элладе вообще не волновала проблема движения настоящих тел. Важно было только лишь переспорить соперника, оставив за собой последнее слово. Ни один из ранних греческих мыслителей даже не пытался объяснить, как его теория об истинной реальности соотносится с нашими наблюдениями.

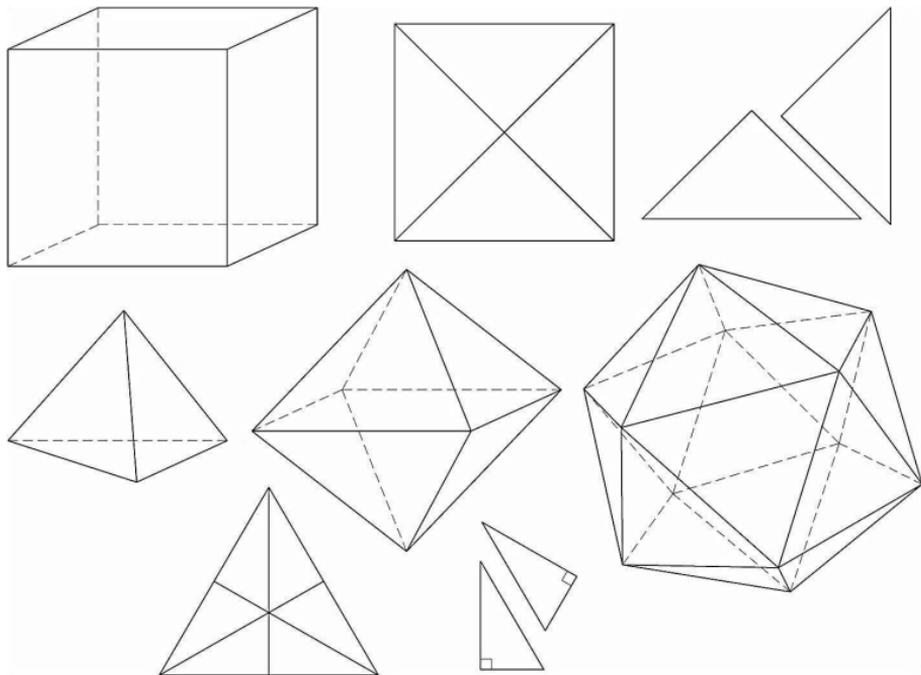
Полагалось само собой разумеющимся, что достаточно мудрый человек способен постигнуть сущность мира одним своим разумением, опираясь исключительно на общие представления о том, как всё должно быть. В самом деле, если уж у людей имеется интеллект, который позволяет некото-

рым из нас понимать что-то о некоторых вещах, то отчего бы самым умным не понять сразу всё и обо всем? У талантливых мыслителей получались красивые внутренне непротиворечивые системы, а проблема их соотнесения с действительностью казалась чем-то маловажным и второстепенным – если наблюдения противоречили фактам, то всегда можно придумать правдоподобное многословное объяснение либо просто объявить всё иллюзией.

Нам такая позиция может показаться странной и даже противоречащей здравому смыслу, ведь таким образом от изучения мира не будет никакой пользы. Но свободные греки, имеющие время на интеллектуальный досуг, по большей части не стремились изучать мир ради применения полученных знаний на практике. Именно поэтому Сократ разочаровался, когда узнал, что Анаксагор описывал небесные тела чисто механически, не делая выводов о том, какое из них лучше или хуже. И смысл тут не в том, что Солнце дает тепло и свет, а Луна полезна морякам. Сократа, как и большую часть греческого общества, интересовало именно на то, как движутся небесные светила, а как эти движения могут повлиять на поведение обычных людей.

# Геометрическая химия Платона

В этом отношении особенно примечательно выглядят рассуждения Платона, который соединил концепцию о четырех первоэлементах с атомизмом, сформулировав в диалоге «Тимей» оригинальное молекулярное учение. В этом энциклопедическом тексте, наполненном метафорами и мистицизмом, излагаются платоновские взгляды на устройство Вселенной, которая является отражением невидимой идеальной модели мира. О чистых идеях можно судить только диалектически, тогда как в области наблюдаемой нами природы возможны лишь наиболее правдоподобные суждения. Именно такого рода представления (наиболее правдоподобные, как ему кажется) и приводит Платон касаясь структуры вещества.



Постулируется, что вся материя состоит из частиц, которые способны превращаться друг в друга. Тот простой факт, что вода может затвердеть или испаряться, позволяет Платону отказаться от названий самих первоэлементов, но вместо этого говорить о наличии у вещества свойств воды, земли, огня или воздуха. Исходные частицы состоят из первичной материи, которая вовсе не имеет никаких свойств кроме геометрических. Поскольку, по мнению Платона, частицы основных состояний материи непременно должны быть совершенны во всех смыслах, включая и эстетический, то на их роль были назначены правильные многогранники, уче-

ние о которых как раз тогда разработал Теэтет Афинский. Доказательство того, что правильных многогранников может быть только пять – тетраэдр, октаэдр, икосаэдр, куб и додекаэдр – произвело большое впечатление на современников Платана, и трудно было удержаться, чтобы не воспользоваться этой удивительной математической новинкой. Удобным оказалось еще и то, что у первых трех многогранников все грани являются равносторонними треугольниками, которые, впрочем, Платон из мистических соображений разбивает на шесть «более идеальных» прямоугольных треугольников с отношением сторон  $1/3^{0,5}/2$ . Точно также квадратная грань куба дополнительно разделяется на четыре прямоугольных треугольника с отношением сторон  $1/1/2^{0,5}$ . Составленный из пятиугольников додекаэдр разделить на подобные одинаковые треугольники нельзя. Платон полагает, что все такие пустотелые многогранники могут распадаться на составляющие фигуры и складываться заново, причем состоящие из одинаковых треугольников тетраэдр, октаэдр и икосаэдр способны превращаться друг в друга. А вот куб и додекаэдр не во что превратиться не могут.

Далее Платон рассуждает следующим образом. Поскольку куб наиболее крепкая и устойчивая форма (что при прочих равных на самом деле неверно), то земле следует придать именно кубическую форму, откуда мы можем заключить, что земля неспособна превращаться в другие виды веществ. То, что землеобразные тела способны плавиться или

растворяются объясняется просто их временным расчленением из-за проникновения частиц огня или воды в промежутки между кубиками. Из трех оставшихся структур огонь наиболее подвижен, а вода – наименее подвижна, кроме того огонь явно самый легкий из них, а вода – самая тяжелая. Таким образом, у элемента огня должно быть меньше всего граней, а у воды – больше всего. Кроме того вода, воздух и огонь способны взаимно превращаться друг в друга, а потому частицы огня имеют форму острого тетраэдра, воздуха – октаэдра, а воды – икосаэдра. Разумеется, каждая отдельная частица столь мала, что заметить можно лишь множество из них, но никак не одну.

Хоть все приведенные умозаключения являются чистой воды спекуляцией, но сам Платон неоднократно подчеркивает, что лишь выдвигает предположения, которые ему лично кажутся наиболее правдоподобными. В более поздние времена подобная скромность суждений окажется уже не в чести.

Поскольку прямым текстом говорится, что вес многогранников складывается из числа составляющих их треугольников, то приходится заключить, что Платон полагает их вполне реальными и материальными, а вовсе не отвлеченными мысленными формами. При этом описанные многогранные частицы нигде в «Тимее» не называются «атомами», что вполне логично, ведь они разделяются на плоские фигуры, то есть в нашем понимании являются скорее молекулами.

Сами же плоские фигуры также не считались неделимыми, но лишь возникающими из некоего непрерывного субстрата и в нем же растворяющимися. Под влиянием природной неоднородности они приходят в движение, сталкиваются и соединяются множеством незримых малых связей-штифтов. В однородной же среде не может возникать ни движения, ни вызываемых им изменений.

Поскольку каждая грань тетраэдра, октаэдра и икосаэдра содержит соответственно по 24, 48 и 120 прямоугольных треугольников, то Платон дает математическую формулу преобразования веществ

$$1 \cdot \text{вода} = 2 \cdot \text{воздух} + 1 \cdot \text{огонь}.$$

В самом деле, по числу первичных треугольников имеем  $120 = 2 \cdot 48 + 24$ , что, по сути, дает нам первое в истории человеческой мысли уравнение химического баланса. Большое разнообразие встречающихся в природе веществ Платон объясняет тем, что исходные треугольники, очевидно, могут иметь различные размеры, и это позволяет получать многогранники разного размера и веса. Так, например, Платон перечисляет несколько видов материи огня, как то – обычное пламя, видимый свет, а также то, что остается в телах после их нагревания.

Также в «Тимее» имеются некоторые попытки найти аналогии между числом граней многогранника и длиной струн, что в целом сводится к желанию Платона следовать заветам Пифагора и обнаружить фундаментальные матема-

тические законы устройства вселенной.

# Чем на самом деле являлась греческая натурфилософия

На самом деле современному читателю будет не так-то просто понять, каким образом подобное учение могло в буквальном смысле слова противопоставляться атомизму, что лишний раз показывает – насколько же отличаются современные и античные взгляды на самую проблематику структуры вещества. Уже поэтому следует с крайней осторожностью проводить аналогии между греческой натурфилософией и современной наукой, и тем более – не делать поспешных выводов. И причина тут не в том, что рассуждения эллинов в чём-то (или даже во всем) неверны, ведь, в конце концов, каждый может ошибаться. Куда более важно то, что античные мыслители даже не пытались хоть как-то проверить и подтвердить свои физические концепции. Считалось вполне достаточным, что излагаемая теория объясняет известные бытовые факты. Даже у Демокрита мы не встречаем никаких реальных доказательств того, что вещество действительно состоит из атомов. Математические законы Платона выводились из соображений красоты и гармонии, которые казались ему обязательными условиями существования мира. Очевидно, что закон превращения воды в воздух и огонь не подтвердится на практике, однако никто и не пытался его

проверять: изначально он был признан верным из-за математической красоты, а позже – из-за древности и авторитета автора. Сам же Платон прямо писал, что примет любую иную теорию, если сочтет ее прекраснее своей.

Часто говорят, что греки не делали из своих теорий проверяемых выводов, а потому их натурфилософские рассуждения, якобы, и нельзя считать наукой. Но это не совсем так. Проверяемых выводов в античных текстах делается предостаточно. Просто никто не считал нужным действительно что-либо проверять, предпочитая переспорить оппонента на словах, но не на деле. Если же все-таки получалось (обычно не специально) установить, что какое-то учение противоречит фактам, то его последователи задним числом измышляли любые словесные объяснения, доказывающие, что никакого противоречия нет. Сегодня мы понимаем, что это порочный принцип, который никогда не приводит к истине, но наша убежденность опирается на то, что нам известен действительно работающий проверенный метод – наука. Античные мыслители, напротив, не имели иных примеров постижения мира, кроме мифа и религиозной поэзии, поэтому и старались создать им на замену нечто, являющее собой совокупность истины, красоты и блага, которое сможет убедить других людей само по себе, одними лишь словами. Ксенофан, Парменид и Эмпедокл в буквальном смысле писали поэмы (традиция писать философские трактаты стихами сохранится на долгие века), а проза Гераклита, Демокрита или

Платона всегда вызывала восхищение своим литературным стилем и поэтичностью.

В связи с этим имеются основания сомневаться, что Платон действительно полагал, будто бы по-настоящему знает о произошедшей тысячелетия назад гибели Атлантиды. В его текстах строгое перечисление фактов неотделимо от гипотез, поучений, фантазий и мистификаций, но, вероятно, современники прекрасно понимали, что он не намеревается говорить обо всем буквально. С другой стороны статус мудреца автоматически делал каждое его слово заслуживающим внимания. В более поздние времена (по рассмотренным выше социальным причинам) возобладало именно влияние фактора авторитетности (а не нацеленности на дискуссию), и отдельные попытки сформировать более рациональный миф (альтернативный гомеровскому эпосу, который не объяснял вообще ничего, кроме притязаний старой аристократии на власть) были взяты за основу рационального взгляда на природу. Изначально первые греческие философы считали свои суждения скорее религиозной истинной, но позже неочищенные натурфилософские рассуждения стали восприниматься уже как настоящие физические теории, которые не нуждаются в каких-то дополнительных доказательствах, кроме убедительного литературного стиля, ведь истинность сказанного обоснована величием и древностью автора.

Иными словами, когда Платон спорил с Демокритом, то

борьба шла не только между ними, а за то, чьё учение придет на смену Гомеру. Поскольку олимпийская религия описывала все, начиная с сотворения вселенной, то натурфилософам приходилось создавать нечто не менее масштабное. Когда спустя некоторое время у эллинов наконец-то возникло настоящее желание рационально осмыслить природу, то они просто посмотрели на то, что говорили древние, и нашли готовые ответы. Проверять почерпнутые знания никто особо не стремился, поскольку насущная потребность в этом в любом случае отсутствовала.

# Общая характеристика античных воззрений на изучение природы

Хорошей иллюстрацией к сказанному может служить развитие механики, которая уже в рассматриваемый период приобрела облик вполне солидной научной дисциплины. Причем, хоть мы и не встречаем даже отрывков механических произведений в Греции ранее IV-III веков до нашей эры, но уже первые сохранившиеся сочинения имеют структурированный вид и четкую устоявшуюся терминологию. Это говорит о богатой традиции, которая эллины частично переняли в готовом виде из Египта и Вавилона, а частично развили собственными силами. Основы теории рычага в общих чертах были сформулированы уже на древнем Востоке, но строгий математический вид, несомненно, приобрели стараниями греков. На этом фундаменте античная мысль пыталась понять и свести все технические принципы и процессы к единым теоретическим основаниям, придав им четкую геометрическую форму.

Эллинское общество, однако же, не выдвигало запроса на изучение техники как таковое. Основу своего успеха жители богатых рабовладельческих полисов связывали в первую очередь с крепким и разумным политическим устройством. Те греки, у которых имелось время и средства на интел-

лектуальный досуг, видели в используемых рабами и ремесленниками приспособлениях не источник дохода и власти, а просто лишь часть внешнего мира: чуждую благородного человека, но, тем не менее, требующую своего осмысления наравне с прочими явлениями. В таких условиях механика хоть и развивалась на реальном техническом материале, но не могла все же стать самостоятельной технической дисциплиной, а формировалась в русле общей философской картины мира, соответствующей социальному устройству общества. Практическая проверка результатов воспринималась как необязательное развлечение, а споры между различными школами носили в первую очередь метафизический характер и никогда не опускались до реального строгого эксперимента (который был на удивление хорошо известен эллинам и свободно применялся там, где они действительно желали иметь точный результат).

В этом смысле античная механика была разделена на три отдельных независимых и никак не связанных между собой области знания, которые объединятся в единую науку лишь к XVII веку. Определяемая техническими запросами статика представляла собой вполне солидную даже по сегодняшним меркам техническую дисциплину и занималась законами равновесия и вопросами выигрыша в силе или скорости, которую дают различные механизмы. Кинематика развивалась в основном силами греческих, а позже эллинистических астрономов, которые добились выдающихся результатов в

описании непосредственных движений небесных тел. Динамика же, как учение о движении, являлась фундаментальной проблемой философии, а потому оставалась в основном качественной теорией, использующей для объяснения движения не математику, а повседневный опыт, аналогии, сравнения и метафоры.

Одновременно с этим необходимо сразу обозначить два принципиально различных взгляда на движение, которые с самого начала сформировались в греческой мысли. Так, согласно атомистам не существует ничего, кроме материи, нет никаких внешних сил по отношению к ней, а потому она сама является причиной своего движения в пустоте. Иная точка зрения заключалась в том, что сама по себе материя способна лишь оставаться в покое, а ее движение объясняется влиянием неких фундаментальных внешних воздействий (например, любви и вражды), возможность же существования пустоты полагалась весьма сомнительной.

Сегодня тоже можно вполне обоснованно заявлять, что некоторые исторические, экономические или даже биологические научные работы несут на себе отпечаток политических и социальных взглядов своих авторов, но для математики и механики подобное, пожалуй, невозможно. В самом деле – эти области знания опираются на строгую логику, а также бесспорно установленные объективные факты, отрицать которые не может ни один разумный человек. В эпоху античности, однако же, фактические основания науки были

ещё скудны, а потому весь каркас механики создавался на весьма произвольных гипотезах, которые чаще всего исходили именно из классовой точки зрения того либо иного философа. И действительно, мы уже видели, что греческая наука являла собой настоящую арену борьбы между двумя математическими системами, одна из которых подкрепляла идеологию аристократов-землевладельцев, а другая – городскую демократию торгового и ремесленного класса. Точно такую же картину мы наблюдаем и в области механических воззрений, которые тогда в целом практически не отделялись от геометрии. Если Аристотель и его сторонники строили механику, желая доказать совершенство и гармонию существующего порядка, то Демокрит был свободен от подобных установок и старался создать физическую картину мир, не опираясь на заведомо благие божественные цели или рассуждения об априорной красоте Космоса. Поскольку в результате идеологической и прямой политической борьбы верх одержала идеалистическая концепция Платона-Аристотеля, а материалистическая система атомистов подверглась гонению и осуждению, то от нее до наших дней сохранились лишь отдельные скудные тезисы.

Впрочем, даже в римские времена любой желающий мог (хоть и не без труда) ознакомиться с текстами Демокрита и его последователей (которые, кстати, вовсе не составляли единого непротиворечивого собрания), то есть работы атомистов имели хождение, просто были мало распространены.

ны. Во многих сохранившихся поздних античных справочниках и энциклопедиях спокойно сосуществуют различные точки зрения на ту или иную проблему, причем точка зрения Аристотеля не всегда объявляется там предпочтительной по сравнению с атомистическим объяснением. Лишь события связанные с закатом Римской Империи, а также последовавшие христианские и мусульманские гонения на языческую мудрость привели к тому, что число доступных в Европе и на ближнем Востоке греческих рукописей стремительно уменьшилось. Сохранить удалось лишь немногое самое распространенное— то есть именно Аристотеля и Платона (тоже не целиком).

Ниже мы сперва приведем краткий обзор атомистической физики, не делая при этом чересчур смелых предположений и выводов, а затем перейдем к считающейся общепризнанной классической античной динамике Аристотеля, которая в некоторых аспектах явно уступала учению Демокрита, но зато в других являлась более последовательной и цельной.

# Атомистическая физика Демокрита

Необходимо сразу оговориться в том смысле, что никаких работ по механике Демокрит не писал, а его физические взгляды можно выделить лишь косвенно из отдельных высказываний об устройстве природы и вселенной. Общий стиль изложения при этом скорее напоминает беседу с друзьями и соратниками, но никак не строгий технический текст. В основу всей атомистической физики кладется принцип «не более такое, чем такое» или же, современным языком, закон симметрии, гласящий, что если нет оснований для того, чтобы явление природы, протекало каким-то одним конкретным способом, а не иными отличными, то оно существует одновременно во всех видах. Данное основание при всей своей абстрактности послужило основой для весьма далеко идущих выводов.

Начать, пожалуй, следует с того, что Демокрит считал число миров бесконечным, доказывая это тем, что в бескрайнем космосе материя должна присутствовать повсюду, поскольку у нее нет причин находиться в одном месте и отсутствовать в других. Изначально Вселенная была относительно равномерно заполнена атомами любых форм и размеров, движущимися с различными скоростями во всех возможных направлениях. В самом деле, нет оснований предпочесть ка-

кие-то формы, размеры и скорости другим, равно как нет причин выделять в бесконечном пространстве конкретные направления, например «верх или «низ», чтобы материя с необходимостью двигалась именно вдоль них.

Вопрос о причинах изначального движения Демокрит считал методически ошибочным, полагая, что вечная субстанция не нуждается ни в каких объяснениях. Причины, то есть – начала или основания, требуются лишь для изменений, и, таким образом, любое движение сохраняется в неизменном виде, пока не будет нарушено насильственно. Реальные предметы непросто сдвинуть с места, поскольку необходимо преодолеть трение, сопротивление окружающей среды и притяжение, тогда как при их отсутствии нам оказалось бы достаточно приложить минимальный «атом силы». Поэтому же вращение небесных тел вокруг Земли будет продолжаться до тех пор, пока наш мир не столкнется с каким-то другим. Без сомнений мы видим тут прототип первого закона Ньютона, который, правда, был распространен не только на прямолинейное, но и на круговое движение.

Однородные атомы, то есть имеющие одинаковую форму, притягиваются друг к другу, но при этом между ними всегда должно оставаться некоторое количество пустоты, поэтому при слишком сильном сближении притяжение сменяется отталкиванием. Таким образом, абсолютные соприкосновения невозможны. Тезис, что взаимодействовать между собой могут лишь атомы одного и того же вида, Демокрит до-

казывал весьма наивными аналогиями, утверждая, что и животные соединяются в стаи из одинаковых особей; и зерна при просеивании ситом разделяются отдельно: чечевица с чечевицей, а ячмень с ячменем; и морские волны разделяют круглую гальку от продолговатой. Таким способом объяснялось существование больших масс однородных веществ. Впрочем, случайные столкновения возможны между любыми атомами.

Изначально все летящие в пространстве атомы имели лишь свое исконное устремление, однако, под действием притяжения они начали группироваться в отдельные сгустки материи. При этом комбинация множества первоначальных неупорядоченных движений с движениями, вызванными взаимными притяжениями, всегда дает вращение. Мы не знаем, какими аргументами здесь руководствовался Демокрит, и как он это доказывал.

Таким образом, все существующие миры представляют собой отдельные вращающиеся в пустоте вихри из множества атомов. Физическая сущность этих объектов не отличается от таковой у водоворотов в воде или воздухе (впрочем, эти явления природы греки не понимали и описывали весьма расплывчато, не отличая угловую скорость от линейной).

Поскольку все атомы, а, значит, и все тела имеют массу, то они всегда стремятся к центру вихря, как это наблюдается и в обычном водовороте. Различные тела, однако же, содержат разный объем пустоты, поэтому некоторые из них имеют

больший удельный вес, а другие – меньший. По этой причине более тяжелые объекты, оказываясь в центре вихря, сталкиваются там с легкими и своей массой выдавливают их на периферию. Данное явление доказывалось ещё и так: если на площади происходит что-либо интересное, и собирается толпа, то всегда начинается ссора за лучшие места, и сильные оттесняют слабых. Если же места много, а атомов мало, то столкновения будут редки и процесс «выталкивания» не сможет себя проявить, ведь небольшое число людей всегда сможет спокойно гулять на открытом пространстве. Таким образом, Земля находится в центре нашего мира просто потому, что состоит из наиболее тяжелых атомов, а легкий огонь, хоть и стремится туда же, но выдавливается вверх более плотным воздухом. Вне вращательного движения у Демокрита фактически отсутствует явление тяжести.

Далее требовалось ответить, почему небесные тела, у которых, очевидно, имеется значительная масса, не падают на Землю. Этот факт Демокрит объясняет ростом скорости движения материи с увеличением расстояния от центра вращения. Если какой-либо космический объект, двигаясь в пустоте, приближается к нашему миру, то он подхватывается вращательной силой внешнего края вихря и стремление к движению по кругу оказывается большим, чем стремление к падению в центр. При этом светила расположены на разных расстояниях от Земли, а их скорость прямо пропорциональна этим расстояниям, чем и объясняется различная

скорость движения планет относительно звезд (здесь мы видим, что Демокрит не различает линейную и угловую скорости). Положение каждого небесного тела зависит от его массы и определяется тем, где вращательное стремление окажется большим, чем тяжесть.

Тут имеет место достаточно сложный момент: Демокрит не говорит, что скорость вращения настолько больше скорости падения, что Луна и Солнце просто не успевают упасть, но утверждает лишь, что стремление к вращению берет верх над стремлением к падению. То есть скорости не складываются «векторно», но одна из них побеждает и полностью уничтожает другую. Разумеется, не приводилось никаких расчетов, которые могли бы подтвердить эти рассуждения, также не существовало хоть какой-нибудь связной теории вихря, да и о самом вращательном движении, как уже говорилось выше, греки имели смутное представление.

Впрочем, даже описанная выше сугубо качественная теория позволила Демокриту прийти к интересным выводам о законах движения в плотной среде. Чем меньше в теле пустоты между атомами, тем сильнее оно борется со средой при движении к центру вихря, тем стремительнее падает. И, наоборот, при движении вверх: чем менее плотна среда, тем труднее ей побороть тело, и тем медленнее оно станет взлетать. Таким образом, вводится понятие «устремление», которое характеризует способность тела с тем или иным удельным весом изменять свою скорость, двигаясь в среде. Дан-

ные рассуждения соответствуют тому, что происходит в природе.

Также Демокрит считал, что плоские тела могут плавать на воде даже будучи тяжелее нее. Дело в том, что снизу их подпирают несущиеся из воды вверх атомы огня. Для узких тел на единицу площади приходится больше массы, поэтому восходящим струям тепла оказывается не под силу их удержать. В воздухе же подобный эффект не наблюдается, поскольку в разреженной среде частицы огня начинают двигаться не только вверх, но и во все возможные стороны.

В заключении отметим еще одну, возможно, важнейшую, особенность физики Демокрита, а именно – атомистическую концепцию движения. Предполагалось, что пространство прерывно, и потому в каждый отдельный миг движущаяся частица неподвижна, а в следующий момент времени она оказывается в следующей точке пространства, вовсе не проходя промежуточных положений.

# Атомизм и Аристотель

В нашем изложении атомистическая физика имеет достаточно стройную и наукообразную форму, однако же в реальности она таковой не была, поэтому не следует оценивать ее выше, чем она того заслуживает. Мы привели краткую упорядоченную выжимку из всех сохранившихся отрывков, которые уже в древности разъяснялись и комментировались по-разному, причем далеко не всегда было в точности понятно, что именно означают те или иные фразы на ионийском наречии – каждый переводил и разъяснял их в силу своего разумения, поскольку никакой единой терминологии не существовало. Если же говорить об учении Демокрита в целом, то оно являет собой причудливую смесь очеловечивания природы, отвлеченного философствования, литературных метафор и лишь небольшого числа действительно точных наблюдений или гипотез.

Древнее, хтоническое убеждение, будто между действующими силами всегда происходит борьба, и одна из них целиком уничтожает другие, закрывает всякие пути к понятию равнодействующей и, как следствие, к созданию хоть как-то работающей механической теории. Аналогичным образом и мнение, будто лишь одинаковые вещи способны влиять друг на друга, имеет корни в первобытных магических верова-

ниях. Впрочем, в античности бытовало и противоположное суждение, мол, взаимодействовать способны лишь разнородные вещества. Приверженность этой симпатической магии долгие века заставляла философов выдумывать изощренные и нелепые объяснения наблюдаемым фактам.

Впрочем, несмотря на указанные оговорки, нужно признать, что о естественнонаучных вопросах Демокрит рассуждал лучше, чем все прочие философы античности. Основатель современной механики Галилей оценивал атомистическую физику чрезвычайно высоко и считался ее приверженцем. Однако сама школа Демокрита просуществовала недолго и почти не имела последователей, если, конечно, не считать эпикурейцев, которые в первую очередь говорили об этике, а науку полагали второстепенной. До наступления Нового времени общепризнанным авторитетом в вопросах описания природы являлся Аристотель: его влияние было столь огромно, что мы уделим ему немало времени, хоть современная наука и отвергла практически всё, что он говорил об устройстве мира.

Широта интересов Аристотеля поражает: он написал труды по метафизике и логике, этике и риторике, политики и эстетике, зоологии и сновидениям, астрономии и физике. Большинство его работ выглядит как заметки, сделанные в помощь учителю или лектору –

эти тексты определенно не создавались в качестве учебников, их язык краток и резок, аргументы сжаты, а изложение

лишено всякой поэтичности. Читать всё это трудно и, честно сказать, неинтересно, разве что вы особый ценитель такого рода произведений. С другой стороны Аристотеля нельзя упрекнуть в глупости или сочинении басен – он пытается (не всегда успешно) обосновать свои слова логикой и фактами, а не интуицией или древними преданиями. По сравнению с другими греками он систематичен, хотя зачастую все равно пишет сразу обо всем, перемешивая отдельные мысли как ему вздумается – любой тезис Аристотеля обычно подкрепляют ссылками на несколько мест из различных книг.

Как мы помним, Демокрит имел иные политические убеждения, нежели Аристотель, что вынудило последнего опровергать атомизм по всем пунктам, даже и в области натурфилософии. Во времена, когда всё знание воспринималось некой единой мудростью, немислимо было признать, что твой оппонент прав хоть в чем-то – это автоматически делало его правым во всём (как мы помним, соперники атомистов оспаривали даже их математические достижения). Сегодня уже невозможно установить, пришел ли Аристотель к своим физическим воззрениям самостоятельно, либо же исходил исключительно из необходимости опровергнуть атомистов, однако по большей части его концепция является откровенным шагом назад: складным и обманчиво логичным интеллектуальным тупиком, который определил (и затормозил) всё развитие механики вплоть до XVI века.

Система Аристотеля не была ни первой, ни единственной,

но она в наибольшей мере отражала взгляды свободных состоятельных греков, которые в те времена только лишь и являлись потребителями философской продукции. Именно такие люди могли заплатить переписчику за копию интересного текста, а позднее они же стали работать в царских библиотеках, решая, какие тексты следует размножить и сохранить. Именно поэтому учение Аристотеля пользовалось столь исключительным влиянием – оно лучше прочих сохранялось в виде множества копий, но не из-за того, что нравилось большинству эллинов, а лишь потому, что нравилось тем немногим, кто вообще работал с текстами. В связи с этим дошедшие до нас источники трактуют греческие взгляды на механику в основном в перипатетическом ключе.

# Основы натурфилософии Аристотеля

Основой натурфилософии Аристотеля является учение о движении, которое достаточно полно изложено в сочинениях «Физика» и «О небе». Также кое-что о динамике сообщается в трудах «О возникновении и уничтожении», «О метеорах» и даже в «Метафизике». При этом сразу нужно понимать, что физика (от греческого φυσικῆς – «природа») для Аристотеля это совсем не то же самое, чем она является для нас сегодня. В те времена не могло идти речи о некоей точной науке, дающей математические формы законам, описывающим естественные процессы. Для греков физика – это понимание природы вещей.

Рассуждая о движении, Аристотель отмечает, что ионийцы говорили о его материальных причинах, элеаты – о действующих, школа Платона – о формальных, сам же он впервые указал на причину, которая объясняет «ради чего», то есть на целевую. Так, например, цель желудя состоит в том, чтобы вырасти дубом, это и является его природой, то есть – его физикой. Ласточка строит гнездо, а паук ткёт паутину ради чего-то конкретного, и причины этих явлений содержатся в самих существующих по природе вещах и существах. Поскольку все естественные объекты должны по своей природе в итоге достигнуть своих целей, то сама их природа (физика)

является источником (началом) движения для преодоления назначенного пути. Движение – это реализация того, что существует в потенции.

В самом деле, материя по Аристотелю, является лишь потенциальным субстратом всего сущего, и становится действующей реальностью, когда обретает форму. Этот переход и есть движение, которое необходимо понимать в широком смысле, как любые изменения: субстанциональные, качественные, количественные, психологические или социальные, но речь также может идти о перемене состояния, формы или положения в пространстве. Из сказанного ясно, что феномен именно механического движения рассматривался лишь одним из элементов общей системы мироздания, а потому определялся не на основании опыта, а философски.

Поскольку у животных, растений или первоэлементов имеется внутренний потенциал к развитию, то есть изменению, то есть – движению, значит, им присуща внутренняя природа (физика). Прочие предметы способны двигаться лишь от внешних причин, и по этому признаку движение подразделяется на естественное (природное) и вынужденное (искусственное).

# Классификации Аристотеля

Аристотель вообще любил все классифицировать, и некоторые из его перечней используются до сих пор, однако большая их часть настолько абсурдна, что скорее мешала развитию Западной мысли, чем помогала ей. Можно для примера вообразить, какую систему предложил бы Аристотель для описания мебели: вся мебель делится на столы, стулья и предметы, которые не являются столами, либо стульями. Однако, самым фатальным для развития науки, оказалось именно разделение всех вещей и явлений на естественные (существующие по природе) и искусственные (существующие от иных причин). Лишь естественное полагалась достойным внимания, а вот искусственный эксперимент, то есть специально созданные человеком ситуации, воспринимались как не относящиеся к физике и, потому, неинтересные.

За природой можно было наблюдать, но не направлять ее. Так, указав на промежутки времени между вспышкой молнии и ударом грома, Аристотель сделал совершенно верный вывод о том, что звук распространяется в воздухе с конкретной конечной скоростью. Но это именно пример обычного бытового наблюдения, и возможности такого вида исследования невелики. Впрочем, нельзя ставить Аристотелю в ви-

ну то, что его последователи недооценивали важность экспериментальных исследователей – каждый человек сам выбирал себе систему взглядов, и не вина одного конкретного философа, что его концепции оказались близки многим поколениям мыслителей.

Сделаем сразу и еще одно важное замечание, которое должно многое прояснить. Сегодня, говоря о механике, мы сразу же представляем себе разнообразные механизмы, многие из которых способны двигаться самостоятельно пусть и по команде человека, но без всяких усилий с его стороны. Даже дети понимают, что автомобили, самолеты, механические часы или же игрушки на батарейках перемещаются сами, в силу своего устройства. Конечно, им необходимо топливо, завод пружины или же источник питания, однако всем очевидно, что в бензин – это просто горючая жидкость, и в нем нет никакой жизненной силы, подобно той, что заставляет бежать лошадь или собаку. Да, разумеется, мы тоже выделяем животных, как существ, которые способны двигаться от природы, а не потому, что их такими создали, однако для современного ученого любое существо – это просто очень сложная биологическая машина, в которой нет никакой особой жизненной силы.

По понятным причинам греки мыслили иначе. Для них движение, как самостоятельное явление, практически целиком состояло из движения животных и перемещения небесных светил. Все остальные примеры были слишком уж оче-

видно вынужденными – водяные колеса и парусные суда испытывали воздействие набегающих потоков воды и воздуха, а весельные корабли, телеги и брошенные камни приводились в движение живой мускульной силой. Существовали чуть более сложно устроенные метательные машины и игрушки, но они на начальном этапе работы требовали воздействие человека. В такой ситуации вполне разумным казалось уподобить все природные процессы движению животных. При этом каждому очевидно, что органы зверей и части растений служат вполне конкретным целям, и потому обо всех естественных явлениях логично рассуждать в тех же категориях. Лишь в XIX веке появились работы Дарвина (и Уоллеса), которые, наконец, позволили биологам понять, что у явления жизни нет никакой цели, хотя в массовом сознании до сих пор существует неприятие идей эволюции и естественного отбора. Демокрит или Архимед в силу особого склада ума могли вообразить механические теории, но для большинства людей той эпохи – тем более для Аристотеля, чей отец был врачом – биологические объяснения оказывались намного ближе.

# Естественное и вынужденное движение. Падение

Разделение движения на две неравнозначные категории – естественное и вынужденное – оказало существенное влияние на изучение падения тел. Действительно, сброшенный с крыши камень будет падать вниз, хоть на него, казалось бы, ничто не воздействует. При этом никогда не бывает такого, чтобы камень вдруг не стал падать, равно как не случается и так, чтобы он сам собой начал перемещаться вверх или в сторону. Дабы объяснить, отчего же в определенных условиях могут двигаться любые предметы, Аристотель вводит понятие «естественного места» и заявляет, что каждому телу внутренне присуще стремление именно туда. Земля и камни благодаря своей тяжести устремляются к центру мира, где и расположена наша планета (Аристотель уже знал, что она имеет форму шара, и это вполне согласовывалось с его концепцией, ведь такая форма обеспечивает для всей тверди максимальную близость к центру мироздания). Вода тоже тяжела, но в меньшей степени, а потому ее стремление к центру мира выражено слабее, и она в основном расположена поверх земли. Легкий воздух, напротив, имеет естественное место наверху, и потому окружает землю и воду, а наилегчайший огонь устремляется ввысь к подлунной сфере.

Если какой-либо предмет переместить из его естественного места, то он будет пытаться вернуться обратно, двигаясь по кратчайшему расстоянию – прямой, проходящей через центр мира. Когда упомянутый предмет возвращается в исходное положение, то причина его движения исчезает, и он останавливается. Если допустить, что некоторые материалы (например, дерево) имеют промежуточную тяжесть, то становится возможным объяснить, отчего отдельные предметы падают в воздухе и всплывают в воде. Впрочем, движение легких тел вверх почти не интересовало Аристотеля и его многочисленных последователей. Другое дело – падение: оно встречалось повсеместно, и практически все греки (кроме, разве что, Демокрита) соглашались в том, что стремление вниз заложено в самих тяжелых телах. Причем достаточно рано был установлен тот факт, что падение происходит с некоторым ускорением. Никто не пытался измерить его величину, зато многие размышляли о его причинах. Так, классическое аристотелевское объяснение заключалось в том, что тяжесть по своей природе усиливается по направлению к центру мира, оттого и падающее тело увеличивает свою скорость, приближаясь к естественному месту. Также предполагалось, что ускорение в какой-то степени объясняется уменьшением сопротивления среды (в общем случае – воздуха), ведь её толщина между телом и конечной точкой падения постоянно уменьшается по мере движения.

Отказ от попыток количественного измерения ускорения

еще можно понять, однако гораздо удивительнее то, что никто не пытался полноценно вписать его в теорию падения. Учение Аристотеля говорило лишь о строгой зависимости между скоростью падения и весом тела. Постулировалось, что два тела одинаковой формы и материала – большое и малое – будучи одновременно сброшены с одной и той же высоты, достигнут земли не одновременно. Большое тело пролетит весь путь во столько раз быстрее, во сколько раз оно тяжелее малого. То же самое справедливо и для объектов, созданных из различных материалов – на скорость падения влияет лишь их тяжесть (и форма, поскольку от нее в какой-то мере зависит сопротивление среды). Для легких тел скорость взлета вверх аналогичным образом прямо пропорциональна их легкости.

Нужно, конечно же, уточнить, что речь идет о средней скорости, то есть фактически – о времени, за которое будет преодолен определенный путь. Изменение мгновенной скорости в процессе падения никак не исследовалось: для этого не существовало ни понятийного, ни математического аппарата. Также греки не делали никакого различия между «весом» и «массой», и об этом всегда нужно помнить.

# Установившаяся скорость падения

Если воспользоваться вторым законом Ньютона, то для падающего тела мы можем записать следующее соотношение

$$m \cdot a = m \cdot g - F_c$$

где  $m$  – масса тела,  $a$  – ускорение тела,  $g$  – ускорение свободного падения (равное вблизи земной поверхности приблизительно  $9,81 \text{ м/с}^2$ ),  $F_c$  – сила сопротивления воздуха. Знак минус в формуле означает, что сопротивление мешает движению.

Сила сопротивления – достаточно сложная вещь, зависящая от многих факторов. Для тел, которые относительно медленно движутся в вязкой среде, можно записать выражение

$$F_c = k \cdot V$$

а для достаточно быстро летящих объектов (например, для ракет или самолетов) зависимость будет уже несколько иной

$$F_c = k \cdot V^2$$

где  $V$  – скорость тела, а коэффициент  $k$  зависит от размера

и формы тела, а также от плотности воздуха.

Для падающего тела можно теперь записать второй закон Ньютона как

$$m \cdot a = m \cdot g - k \cdot V$$

или же

$$a = g - \frac{k \cdot V}{m}$$

В самом начале падения скорость тела еще мала и сила сопротивления воздуха почти не проявляется, поэтому тело падает вниз с ускорением  $g$ , из-за чего скорость постоянно увеличивается, и, как следствие, растет сопротивление воздуха. Когда же скорость падения достигнет величины

$$V = \frac{g \cdot m}{k}$$

сила сопротивления полностью уравновесит силу тяжести – ускорение тела  $a$  станет равным нулю, – и дальнейшее падение будет происходить с постоянной скоростью, которую называют установившейся. Аристотель нигде о ней не говорит, но мы видим, что она как раз прямо пропорциональна массе тела. Легкие предметы при своем падении почти сразу достигают установившейся скорости, а вот тяжелые, напротив, приобретают ее лишь после продолжительного периода ускоренного движения.

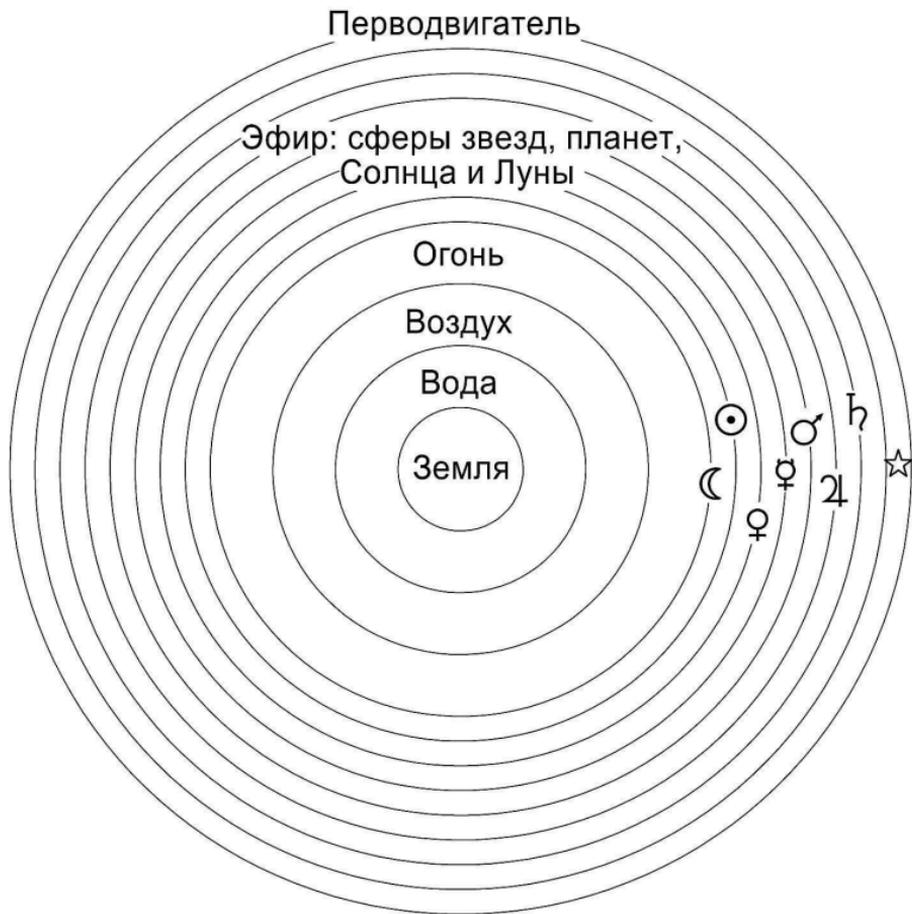
# Устройство космоса по Аристотелю. Пустота

Житейский опыт, однако же, говорит нам, что небесные тела движутся несколько иначе – они не останавливаются, не падают и не улетают. Какова же может быть причина такого явления? Аристотель заключает, что планеты (а также Солнце и звезды) перемещаются под действием некоторой силы, но ее источник сам должен получать движение от какого-то иного тела, и такую цепочку можно продолжать до бесконечности. Дабы этого не делать, обозначается необходимость признать существование некоторого извечного неподвижного находящегося на внешней окружности мира перводвигателя, который порождает простые и бесконечные движения. Какая же траектория может быть одновременно простой и бесконечной? – разумеется, круговая. Позже ислам и христианство используют теорию о перводвигателе как рациональный аргумент в пользу существования Бога.

Всё это вполне согласовалось с общепринятыми взглядами античности: небесные тела движутся вечно и регулярно в силу своего высшего совершенства. В самом деле, даже если они сами и не являются богами, то определенно подчинены воле Создателя, которая извечно направляет звезды и планеты по геометрически точным круговым орбитам. В подлун-

ном мире, тоже установлены свои законы, но капризная воля живых существ, в том числе и человека, способна заставлять отдельные предметы двигаться в нарушение естественного порядка. Такова природа движения, то есть – его физика. Мерой же движения является время.

Таким образом, согласно Аристотелю, наш мир состоит из четырех занимающих свое место концентрических сфер – земли, воды, воздуха и огня. Выше огня находится лунная сфера, а также сферы Солнца, планет и звёзд, причем все они состоят не из привычных для нас четырех элементов, а из пятого элемента (квинтэссенции) – эфира. За пределами всех сфер находится перводвигатель. В подлунном мире естественные движения направлены по прямым линиям, а в надлунном – по круговым. Как согласовались между собой принципиально различные космические и земные траектории – не объяснялось, но система получалась элегантной и простой.



Глядя на представленную схему важно не переоценить ее геометрические масштабы. Для Аристотеля весь мир представлял собой в первую очередь наполненную жизнью поверхность Земли, включая воду и атмосферу. Сверху и снизу к этой биосфере (античность, разумеется, не знала этого термина) было «прикреплено» еще кое-что, не до конца нам понятное и, возможно, весьма громоздкое, но все же доста-

точно простое. Вся комбинация небесных сфер многократно уступала по своей сложности устройству организма самой обычной каракатицы, которые во множестве населяли Средиземное море.

Далее Аристотель поясняет, что движение возможно только лишь в пространстве, которое представляет собой чистое протяжение, то есть пассивное вместилище тел. Место предмета в пространстве, это граница, по которой внешняя среда объемлет данный предмет. Из такого определения следует, что вся вселенная чем-то наполнена, поскольку всякое место должно быть занято, ведь если существует пустота, то получается, что внешнее к ней вещество охватывает ничего, иными словами – пустота не занимает места. Поэтому и Земля, и другие небесные тела находятся в конкретных местах, ведь они окружены эфиром, но весь мир в целом не находится в каком-то месте, ведь за его пределами ничего нет. Кроме этого пространство, как и время, непрерывны, то есть не состоят из частей (атомов).

Аргумент атомистов о том, что пустота необходима для возможности движения, Аристотель отвергает, поскольку одно тело вполне может переместиться, если соседнее уступит ему свое место. Более того, он признает, что в пустоте любое тело должно двигаться сколь угодно долго, если только не встретит препятствия, однако тогда получается, что движение не сможет прекратиться, когда вещь достигнет своей цели, а это абсурдно (почему – не уточняется,

но с этим спорили лишь атомисты). Следовательно, пустота невозможна. В средние века христианским и мусульманским богословам придется изрядно повозиться с тезисом о том, что Бог якобы не мог сотворить пустоты.

Одновременно с этим Аристотель не соглашается и с учением эллеатов о том, что истинное бытие неподвижно. Такие взгляды объявляются немощью мысли, спором против природы и всех наук, равно как и всех чувств. Небытие не становится бытием лишь из-за того, что мы он нём говорим, но существует косвенно, наделенное качеством несуществования. Конечно, можно сказать, что времени не существует, ведь оно составлено из прошлого, которого уже нет, и будущего, которого ещё нет, однако Аристотель отвергает подобную трактовку. В его понимании время – это движение, которое допускает процесс счета, оно никем не создано, а потому было и будет всегда.

# Причины вынужденного движения

Отдельно рассуждая об вынужденном (приобретенном) движении, Аристотель говорит, что его причиной является сила (которую нужно понимать просто как некое «воздействие», поскольку четкого определения не приводится), зависящая от активности источника, то есть от величины мускульной энергии. Отсюда сразу же вытекают три важных свойства, ставших основой механических воззрений вплоть до Нового времени. Во-первых, для приобретенного движения в обязательном порядке необходимы два отдельных объекта – движимый и двигающий (заявлялось, что даже у живых существ, которые способны свободно перемещаться по собственной воле, внутри тела имеется отдельная движущая часть). Во-вторых, для возникновения движения необходимо непосредственное соприкосновение двух этих объектов, а воздействие на расстоянии невозможно. И, в-третьих, приобретенное движение по определению уничтожимо – оно останавливается препятствием либо же постепенно исчерпывается сопротивлением среды.

Сразу же возникал вопрос: как тогда возможен полет брошенного камня или пущенной стрелы, ведь они продолжают свое движение даже когда оторвутся от руки либо тетивы лука? Казалось бы, при отсутствии причины всякое переме-

щение, как ее следствие, должно прекратиться, однако, всякому очевидно, что в реальности этого не происходит. Оторвавшись от двигателя (руки), камень не начинает сразу же падать вниз к своему естественному месту, но еще какое-то время летит вперед.

В качестве объяснения тут предлагается учесть воздействие окружающей среды. Брошенное с силой тело, раздвигает перед собой воздух и создает позади пустое пространство, которого природа не терпит. Находящийся по соседству воздух устремляется в освобождающееся место и тем самым еще немного подталкивает тело вперед. Это создаст еще немного пустоты, куда вновь устремляется воздух, и весь процесс повторяется вновь и вновь до тех пор, пока сопротивление среды не пересилит очередной толчок воздуха. В этот момент приобретенное движение прекратится и останется лишь движение естественное, которое заставит тело упасть на землю. Данная теория была сформулирована еще Платоном в «Тимее», однако Аристотель несколько развивает ее, добавляя, что размахиваясь рукой для броска, мы разгоняем ещё и окружающий воздух, который затем двигает следующий слой воздуха, и так далее. Таким образом, возникает серия последовательных движений среды, которая некоторое время продолжает толкать камень, выступая активным началом. Данному феномену дается название «обратного кругового давления», которое может иметь место не только в воздухе, но и в воде. Эти рассуждения подвергались

сомнению уже в античности, а в Средние века зачастую просто вызывали доверия.

На этом Аристотель не останавливается и сообщает, что, поскольку в подлунном мире естественные движения происходят по прямолинейным траекториям, то брошенный вперед камень будет некоторое время лететь строго горизонтально, а затем, исчерпав запас движения, внезапно начнет падать вертикально вниз. Этот последний тезис полностью противоречит наблюдением, однако западным мыслителям потребовались титанические усилия, дабы отказаться от него и приступить к созданию действительно работающей динамики.



Зато для случая брошенного вверх камня последователи перипатетической традиции добавили следующее объяснение падения с ускорением: оно возникает по мере того, как естественное движение все более теряет приданную ему противопоставленную падению силу. Тут, очевидно, предпола-

галось, что обратное движение вниз начинается не тогда, когда вся запасенная в камне сила исчерпается, но тогда – когда тяжесть начнет преобладать над ней.

# Математические законы движения по Аристотелю

Также у Аристотеля мы впервые встречаем соображения, позволяющие количественно описать физические явления. Разумеется, ни о каких алгебраических формулах речи идти не могло, поскольку греки, как мы помним, знали исключительно геометрическую математику. Все рассуждения были достаточно точны, но носили словесный характер, что весьма затрудняло понимание. Мы, однако же, попробуем записать их в современном виде.

Для естественного падения тел приводилось следующее отношение между их тяжестью (весом/массой)  $m$  и временем падения  $t$ , за которое они преодолеют одинаковое расстояние

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{t_B}{t_A}$$

где А и В – тела различной тяжести. Иными словами, более тяжелые тела падают быстрее легких, и скорость их падения прямо пропорциональна их весу.

Для движения под действием силы  $F$  вес тела  $m$  уже понимается как способность сопротивляемость воздействию. В данном случае имеем следующую зависимость

$$F = m \cdot V = m \cdot \frac{S}{t}$$

где  $V$  – скорость тела,  $S$  – пройденный путь,  $t$  – время. Видно, что, по мнению Аристотеля, сила  $F$  передвинет веса  $m/2$  на  $2 \cdot S$  за то же время  $t$ . Фактически же здесь имеет место смешение понятий силы и импульса, что внесло существенную путаницу в античную механику.

Заметим еще, что предыдущая формула была бы чужда грекам не только в силу алгебраического вида, но и потому, что мы ввели понятие скорости  $V = S/t$ . Подобные комплексные величины отсутствовали в античной науке, которая допускала сравнение лишь для однородных величин: времени со временем, а расстояния с расстоянием. Так считалось, что тело А равносечно телу В, если

$$\frac{S_A}{S_B} = \frac{t_A}{t_B}$$

и, соответственно, тело А быстрее тела В, если

$$\frac{S_A}{S_B} > \frac{t_A}{t_B}$$

Поскольку всякое перемещение происходит в среде, то Аристотель задается вопросом о ее сопротивлении движению, и утверждает, что оно обратно пропорционально ее бестелесности. Иными словами – более плотную (понятия «плотности» или «удельного веса» тогда не существовало,

поскольку для его введения пришлось бы делить единицы массы на единицы объема) среду труднее разделять, потому и двигаться через нее сложнее. В современных нам обозначениях можно записать обратную пропорцию для скоростей тела, движущегося в различных средах под действием одинаковой силы

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{\rho_B}{\rho_A}$$

где А и В – среды с различной плотностью  $\rho$ .

Так как сопротивление (плотность) пустоты равна нулю, то становится невозможно подобрать никакого значения скорости для сохранения пропорционального отношения, и этот математический факт использовался как еще один аргумент против существования пустоты. Причем Аристотель уточняет, что из его выкладок следует, будто в пустоте любая малая сила способна придать сколь угодно тяжелому телу бесконечную скорость, но это полагается заведомо абсурдным, и потому возможность существования пустоты отвергается. В действительности же установившаяся скорость в пустоте действительно окажется бесконечной, однако, реальное тело никогда не сможет ее достигнуть.

Кроме сказанного вводится еще одно небольшое уточнение, а именно – для возможности движения необходимо, чтобы действующая сила обязательно превосходила некое присущее телу внутреннее сопротивление перемещению.

Если сила  $F$  за время  $t$  смещает тело с сопротивлением  $G$  на расстояние  $S$ , то это вовсе не значит, что сила  $F/2$  за такое же время передвинет это тело на  $S/2$ . Аналогично, нельзя утверждать, что сила  $F$  за время  $t$  переместит тело с сопротивлением  $2 \cdot G$  на расстояние  $S/2$ . В таких условиях движение вообще может не начаться, иначе, говорит Аристотель, и один человек смог бы двигать тяжелый корабль, просто делал бы это очень медленно, однако из опыта известно, что подобное невозможно.

Объединив оба закона движения Аристотеля, мы можем дать общую формулировку: скорость движения тела прямо пропорциональна его весу и обратно пропорциональна плотности среды. Отсюда мы можем сделать два важных вывода, которые надолго стали догмой для европейской мысли.

Во-первых, если два тела А и В отличаются весом (стремлением к движению под влиянием тяжести либо легкости), то времена, за которое эти тела пройдут одинаковое расстояние  $S$  находятся в прямом отношении к весу этих тел. Это относится и к падению тяжелых тел, и к взлету легких: такая пропорция.

Во-вторых, легкие тела под влиянием собственного стремления вверх будут взлетать тем быстрее, чем меньше плотность среды. Данный тезис противоречит опыту, однако Аристотель почти не касается самой проблемы движения легких тел вверх, ввиду ее абстрактности для античного мира.

# Общая характеристика физики Аристотеля. Причины ее популярности

Почти всё (если не вообще всё), что говорил о физике Аристотель – неверно.

Часто можно встретить возмущения античной философией, пытавшейся использовать столь нелепые положения для построения целостной картины мира, которая, разумеется, оказывалась вопиюще ошибочной. Мы, однако же, выскажем иную мысль. С точки зрения древнегреческого обывателя перипатетическая концепция казалась вполне здравой. Камни действительно падают быстрее птичьих перьев – это известно каждому с детства, – а очень легкие тела могут и вовсе подолгу парить в воздухе либо даже увлекаться ветром вверх. Аристотелевское учение вполне соответствовало этим бытовым наблюдениям.

Да мы знаем, что атомисты от Демокрита до Лукреция последовательно отстаивали более физичную концепцию, однако рабовладельческая верхушка – а именно ее представители в основном и являлись авторами и потребителями философских трудов – в массе своей отвергала материалистические учения в пользу идеалистических концепций. С

одной стороны именно поэтому в античной и средневековой науке атомистические взгляды были выражены довольно слабо. С другой же стороны – пусть бы даже Аристотель оказался прозорливее атомистов, и его механика получилась более адекватной реальному устройству мира, но само по себе это ни на что не повлияло бы. Античное, а затем и средневековое общество по самому своему устройству, по стоящим перед ним проблемам – социальным и экономическим – не нуждалось в реальной науке, а потому и отвергало всякие материалистические концепции, как заведомо ложные и опасные.

Никого не смущало, что физика Аристотеля не выдерживает серьезной проверки экспериментом, поскольку никто и не пытался ее по-настоящему проверять. Многие мыслители соглашались, что некоторые объяснения откровенно плохи и неубедительны, однако продолжали вставлять их в свои труды, поскольку кроме собственно «объяснения» ничего иного и не требовалось. Именно поэтому, даже если бы механическое учение Аристотеля вдруг оказалось верным, никто всё равно не стал бы делать серьезных расчетов по предлагаемым законам и соотношениям. Насколько мы понимаем, ни один из древних натурфилософов, включая и атомистов, не предпринимал попыток использовать свои теории на практике. Такая задача была принципиально несовместима с самим духом метафизического мировоззрения, которое совсем не нуждалось в действительно точном описании движе-

ния, но требовало лишь непротиворечивого включения динамики в единую и стройную картину мира. Потому и математическая форма Аристотеля служила одной лишь цели – добавить убедительности в чистом риторическом споре. Никто не пытался использовать предлагаемые соотношения для проверки работы реальных строительных механизмов или расчета траекторий снарядов метательных машин. И уж тем более не подразумевалось, что философ станет проектировать и создавать такие машины – этим занимались ремесленники, которые не углублялись в теоретическую динамику столь глубоко, поскольку необходимость в этом отсутствовала. Полет выпущенного из баллисты камня все равно было почти невозможно обчислить из-за несовершенства и трудности древней математики, зато опытный специалист мог с высокой точностью пристрелять орудие, используя таблицы и простейшие приспособления.

В таких условиях уже немалым достижением оказывалось то, что некоторые философы внимательно наблюдали за различными природными явлениями и фиксировали вполне достоверные зависимости между отдельными параметрами. Для античной математики почти единственным реально доступным уровнем зависимости являлась элементарная пропорция: прямая или обратная. Из предыдущих глав мы помним, что даже обычные операции с дробями представляли в те времена немалую трудность, а книги о конических сечениях, где говорилось, например, о квадратичных парабо-

лах, являлись вершиной математической науки, понятной (в первую очередь в силу громоздкого геометрического изложения) лишь избранным. С бытовой точки зрения также казалось вполне естественным, что если две величины имеют какую-то связь, то с ростом одной из них будет схожим образом увеличиваться либо уменьшаться вторая.

Изложенная нами физическая концепция Аристотеля являлась самой популярной в античности, и осталась таковой (в несколько измененном и развитом виде) в средние века. Правда, она никогда не была единственной или общепризнанной. Наряду с ней всегда существовали какие-то начатки атомистических воззрений, равно как и платоновская теория, согласно которой все тела стремятся не к центру мира, либо же от него, но туда, где сосредоточена наибольшая масса соответствующего вещества. Всё это причудливо переплеталось, развивалось и дополнялось на протяжении многих веков, составляя багаж эллинистической, а затем исламской и средневековой европейской механики.

# Концепция знаний о природе до начала Научной революции

Учение Аристотеля о падающих телах, пожалуй, лучше всего отражает натурфилософию, как ее понимало человечество до начала Нового времени: детальная спекулятивная теория, основанная на некоторых принципах, почерпнутых из простейших наблюдений за природой. Всё! Не делалось никакого реального математического описания, даже тогда, когда некоторые соотношения все же определялись. Экспериментальная проверка вовсе не подразумевалась, а тех, кто решил бы ее потребовать, просто не поняли бы – зачем? Красивые и соответствующие ожиданиям выводы считались лучшим подтверждением истинности. Теория хороша тогда, когда из нее следует то, что нужно. Это нельзя назвать наукой сегодня, но это и не считалось наукой в античности.

У Аристотеля вовсе нет слова, означающего «науку», а в его трудах речь идет о знании (ἐπιστήμη произносится как «эпистеме») и искусстве (τέχνη произносится как «технэ»). Оба они познают бытие через причины, и по существу между ними есть лишь социальные различия: искусства приносят практическую пользу, а знания – нет. Будучи свободным человеком в рабовладельческом мире Аристотель утверждает, что из всех знаний большей мудростью обладает такое, кото-

рое существует ради себя самого, а не ради извлекаемой из него пользы. Ценность знания определяется уровнем созерцательности, то есть степенью приобщения к Истине, а потому и любители мудрости – философы – должны в первую очередь стараться постигнуть мир исключительно силами и средствами одного лишь разума.

При этом, конечно же, нельзя утверждать и то, что взгляды Аристотеля антинаучны, ведь не существовало никакой отдельной концепции науки. Размышления о природе сами по себе являлись частью знания, частью философии. Научная революция XIV века во многом состоялась именно как бунт против господства аристотелизма, хотя зачастую и начиналась с призывов вернуться к нему истинному, очищенному от более поздних наслоений схоластики. В реальности же все попытки действительно заняться поиском работающих законов природы сразу же показывали полную несостоятельность античных источников.

Сегодня входят в моду попытки доказать, что Аристотель был намного ближе к истинной науке, чем это принято считать: предлагаются различные способы «правильно» понимать его труды. Нам, однако же, представляется, что все подобные усилия полностью несостоятельны хотя бы потому, что за две тысячи лет никто ни разу не сумел прочесть тексты Аристотеля «правильно» – потребовалось сперва создать современную науку, чтобы лишь потом осознать, что он писал именно о ней.

С другой стороны ни в коем случае нельзя считать Аристотеля глупцом – он безо всякого сомнения являлся одним из умнейших людей за всю историю человечества. И тем важнее правильно понять, сколь трудно оказалось научиться познавать природу, особенно если до тебя еще никто ни разу не находил для этого верного пути. Фактически гениальный интеллект одного человека оказался бессилён перед эпохой. Аристотель мог пытаться отвечать лишь на такие вопросы, которые в принципе был в состоянии себе поставить.

В отличие от экономики и социальных отношений (которые развивались стремительно и требовали осмысления) техника античности не нуждалась в интеллектуальном сопровождении. Она стояла еще на низком уровне и прогрессировала чрезвычайно медленно, за счет проб и ошибок многих поколений ремесленников и рабов, труд которых не стоил почти ничего. Философы были почти так же далеки от работы реальных людей и механизмов, как и от движения небесных тел, а потому подходили к техническим явлениям таким же образом, как и к космическим – описывали их наиболее стройным образом.

Впрочем, времена эллинизма и Рима несколько изменили состояние дел, и потому многим чиновникам и мыслителям все же потребовалось разобраться в том, как работают различные механизмы, на которых держалось могущество античной цивилизации. Поэтому, если в вопросах динамики особых подвижек так и не произошло, то изучении кинема-

тики и статики было постепенно поднято на достаточно высокий уровень.

# ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ. ТОЧКА ОПОРЫ

## Античные воззрения на механику

Античную мысль волновало не только изучение движения, но и многие другие механические вопросы, причем их трактовка не всегда осуществлялась строго в перипатетическом ключе. Приведенные в предыдущей главе математические формулировки Аристотеля хоть и являются самыми ранними из тех, что сохранились в источниках, однако они, безусловно, создавались на основе уже существующей традиции. Известно, что первую геометрическую систему механики создал пифагореец Архит Тарентский – соратник и учитель Платона, – а закон рычага греки знали еще раньше.

Мы уже говорили о том, что Платон из идеологических соображений резко осуждал применение сложных приспособлений для осуществления геометрических построений. Точно также порицалось использование математики для решения конкретных задач механики, но причина тут была несколько иной: данная отрасль знаний сама по себе представлялась не наукой, а ремесленным навыком, поэтому по-

чтенным людям не следовало опускаться до ее изучения. Схожего мнения, вслед за Платоном, придерживался и Аристотель, но с ними не всегда соглашались их ученики, а потому механика очень быстро выделилась во вспомогательный раздел геометрии, который хоть и находился в пренебрежении у теоретической науки, но все же считался полезным для строительства и военного дела.

Таким образом, античная мысль не могла оставаться полностью оторванной от современной ей техники, которая хоть и медленно, но неуклонно прогрессировала и постепенно становилась важным элементом некоторых аспектов жизни греческого общества. Философия волей-неволей оказывалась вынужденной включать различные полезные механизмы в общую систему своих спекуляций и объяснять их работу в рамках единой картины мира. Если отвлечься от того, что подавляющее большинство взаимодействующих с техникой греков (и их рабов) едва ли читало научные труды, то непосредственно в среде философов-теоретиков написание работ по механике было обычным делом. Существовало немало текстов той или иной степени оригинальности (некоторые, судя по всему, являлись просто компиляцией старых), и хоть они в массе своей погибли, но остались их описания, а также некоторые отрывки. Более того сам уровень сохранившихся работ не оставляет сомнений в том, что они просто не могли возникнуть вне богатой традиции и дискуссии.

Интересно, что из всех механических вопросов греки отдельно различали

- искусство изготовления машин, в том числе и военных;
- искусство изготовления небесных глобусов, которые отображают движения звезд и планет;
- искусство изготовления двигающихся игрушек (отдельное выделение этого направления как нельзя лучше отражает место, которое занимали механические науки в античности);
- учение о рычагах, равновесии, суммировании сил и центрах тяжести, которое, собственно, и носило название «механика» (μηχανική).

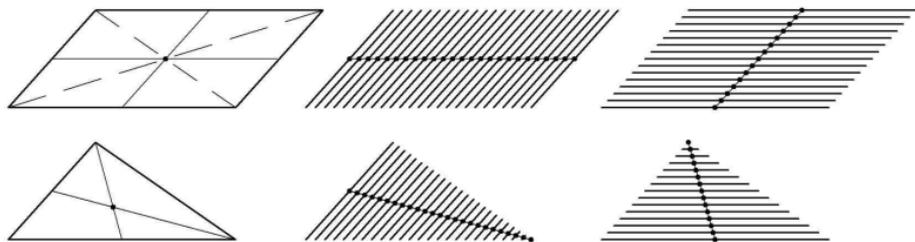
Наиболее важное место у эллинов занимала статика (от греческого слова *στατός* – «неподвижный») или «искусство взвешивать», которое ставилось в один ряд с арифметикой, то есть «искусством считать»: оба эти умения были равно незаменимыми в хозяйственной и торговой деятельности. По уровню математизации из всех античных естественнонаучных дисциплин статика уступала разве что астрономии. Впрочем, задачи на равновесие греки решали совсем не так, как это делаем сегодня мы. Существовало два принципиально различных подхода, которые определялись не физической сущностью исследуемых процессов, но исключительно типом рассматриваемых конструкций.

Первый подход, его условно можно назвать кинематическим, исходил из практики использования простейших

подвижных механизмов. Фактически рассматривался процесс нарушения равновесия, то есть исследовалось движение всей системы, а теоремы статики выводились исходя из аксиом динамики. При втором, геометрическом, подходе задачу стремились свести именно к схеме неподвижного уравновешенного рычага. Такие схемы применялась в первую очередь для архитектурных сооружений: балок и плит на нескольких опорах; либо же для определения равновесия чрезвычайно тяжелых и потому заведомо неподвижных тел. Именно в геометрическом разделе статики развивалось понятие центра тяжести.

# Центры тяжести

Уже атомисты умели находить центры тяжести различных фигур, мысленно разбивая их на множество параллельных отрезков. Вся тяжесть каждого такого отрезка можно считать сосредоточенной его середине, но тогда центр тяжести исходной фигуры должен находиться на средней линии. Определив точку ее пересечения с другой средней линией, полученной с помощью иного разбиения фигуры на отрезки, можно получить точное положение центра тяжести.



Имея такие решения, уже чисто геометрическим путем легко показать, например, что центр тяжести у параллелограмма находится на пересечении его диагоналей, а у треугольника – в точке пересечения медиан. Поскольку механика считалась не чистой наукой, а прикладной дисциплиной, то атомистические методы и подходы считались допустимыми, если это способствовало удобству рассуждений.

Мы не знаем, какое определение давалось у атомистов для

центра тяжести, но в более поздней физике стоиков (которая в основном просто брала готовые решения в других источниках) утверждалось, что центр тяжести это точка, обладающая таким свойством, что если подвесить за неё тело, то его тяжесть разделится на две равные части. Иными словами – будет достигнуто равновесие. По всей вероятности, такое определение считалось у греков общепринятым. Мы сразу же должны отметить два, характерных для зарождающейся античной науки момента. Во-первых, хоть это легко установить из простейшего опыта, но атомисты и стоики еще не заметили, что для достижения равновесия достаточно, чтобы центр тяжести находился на одной вертикальной линии с точкой подвеса. Во-вторых, и эта ошибка весьма грубая, по разные стороны от центра тяжести находятся вовсе не равные по весу части тела, но такие, которые уравнивают друг друга.

# **Кинематическая механика греков. «Механические проблемы» Псевдоаристотеля**

Кинематическое направление статики восходит к «Механическим проблемам» – самому древнему дошедшему до нас античному тексту, посвященному непосредственно механике. В средние века автором этого сочинения ошибочно считали Аристотеля, но в действительности данное произведение было, вероятно, написано его последователями-перипатетиками в эллинистическом Египте. Трактат начинается с краткого введения, за которым следует тридцать пять глав-проблем (все они достаточно короткие: не более нескольких страниц, но часто и вовсе объемом в один абзац), включающих как теорию, так и описание работы ряда реальных механизмов. Характерно, что объяснения различных явлений даются исключительно в гипотетическом ключе: обычно не заявляется, что излагается абсолютная истина, но лишь мнение автора. Весьма вероятно, что вся работа представляет собой компиляцию из нескольких неизвестных нам источников (в тексте легко выделяются три разнородных части, отличающихся по стилю изложения) и принадлежит перу нескольких человек.

Уже вводная часть «Механических проблем» в полной мере отражает всю методологию дальнейшего изложения. Текст начинается с того, что отмечается удивительность таких явлений, которые протекают сообразно природе, но по непостижимой причине, а вот из всего того, что происходит вопреки природе, нас наиболее поражает то, что удается произвести на благо людей с помощью технического мастерства (напомним, что греческое τέχνη и есть «мастерство»). В самом деле, природа всегда придерживается своего порядка, тогда как интересы человека изменчивы: иногда нам нужно одно, а в другой раз – иное. Поэтому часто приходится действовать супротив стремления природы, а это зачастую непросто, и оттого люди прибегают к хитроумному искусству механики (на древнегреческом μηχανή означало в том числе и «ухищрение»), которое находится посередине между математикой и физикой.

Таким образом, автор прямо отмечает значительную роль техники, но понимает ее лишь как искусство, то есть как накопленную совокупность приемов, позволяющих победить природу там, где это выгодно человеку. Задача науки при этом видится лишь в том, чтобы истолковать все феномены, связанные с применением различных механизмов и приспособлений. Греческой мысли еще недоступна идея того, что науку можно и нужно использовать для развития и улучшения техники: о подобном речь не идет.

Центральной темой «Механических проблем» является

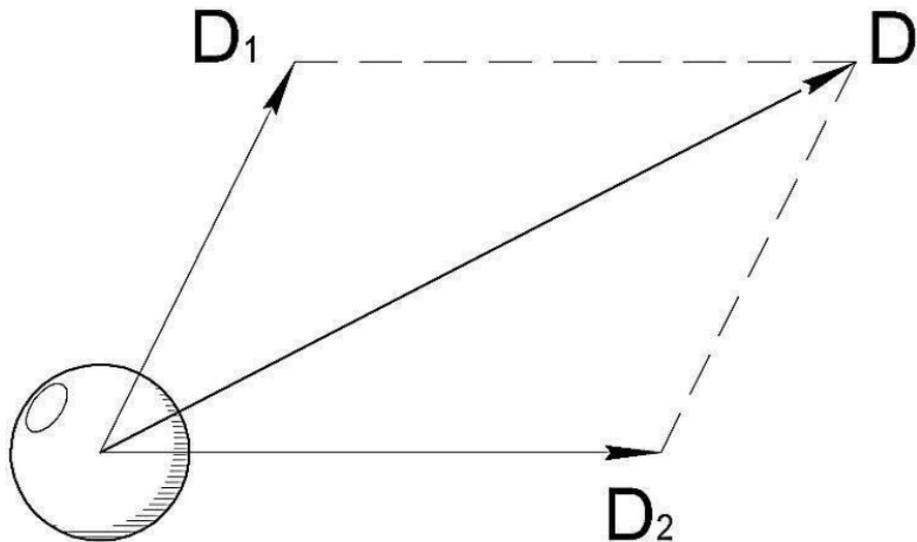
закон рычага, который рассматривается как основополагающий и универсальный принцип статики. Изначально отмечается особая удивительность такого явления, когда с помощью рычага перемещают маленькой силой большую тяжесть. Далее постулируется, что все механические приспособления могут быть так или иначе сведены к рычагу, который фактически представляет собой весы, сущность которых заключена в круговом движении. Круг же является совершенной фигурой, поскольку слагается из противоположностей и содержит в себе все начала удивительного, потому естественно, что именно из него проистекают любые чудесные явления. Таков общий метод всей античной науки – привести всякое разнообразие наблюдаемых явлений к одному максимально простому первичному принципу, который для идеалистической философии чаще всего имеет геометрическую форму.

С одной стороны мы видим здесь образец евклидовой строгости, когда из базовых аксиом (или, как в данном случае, одной аксиомы) путем чистых логических суждений выводится вся система какой-либо науки – теоретическая механика и сегодня построена схожим образом, поэтому нам остается лишь отдать должное греческому гению. Однако нужно увидеть и фундаментально отличие античного подхода от современной науки. Проблема заключается отнюдь не в том, что была выбрана неверная аксиома о сводимости всех возможных механизмов к рычагу (то есть к кругу), но в том, что ее истинность доказывалась и обосновывалась мистиче-

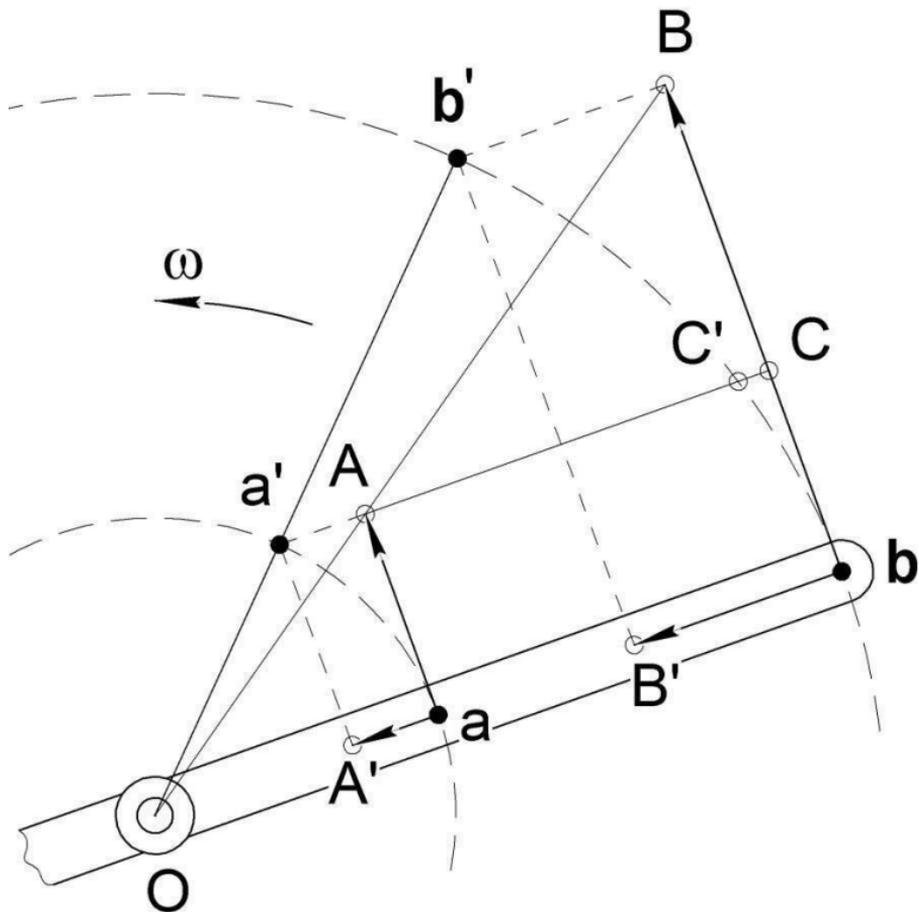
скими и эстетическими аргументами. Убежденность в особых почти божественных свойствах кругового движения делала невозможной не только замену исходной аксиомы, но даже и добавление новых. По сути, вся античная механика являла собой математически оформленную подгонку под заранее обозначенный результат, априорная истинность которого не подвергалась сомнению по идеологическим соображениям. Зажав самих себя в эти почти религиозные рамки, греки все же сумели добиться некоторых результатов.

# Закон рычага

Это особенно хорошо видно в тех частях «Механических проблем», где дается доказательство закона рычага. Для этого последовательно рассматривается несколько вопросов. Сперва утверждается, что если какому-либо телу одновременно придается два различных движения  $D_1$  и  $D_2$ , то это тело станет двигаться по диагонали  $D$  параллелограмма, построенного на этих движениях. Очень важно понять, о чем здесь на самом деле говорится и о чем – не говорится. Греки не знали векторного сложения скоростей, поскольку скорость использовали лишь как косвенную характеристику для сравнения отношений пройденных путей и затраченных на это времен. И уж тем более в античности не знали векторного сложения сил, поскольку силу понимали не физически, а скорее физиологически. Разумеется, всем было понятно, что одна сила может быть больше другой, но численно ее измеряли в количестве волов или носильщиков. По правилу параллелограмма складывались только сами движения. Если отношение между  $D_1$  и  $D_2$  станет изменяться во времени, то результирующее движение  $D$  будет представлять собой некоторую кривую.



Разобравшись со сложением движений, автор выдвигает следующий тезис: точка на радиусе вращающейся окружности перемещается тем быстрее, чем дальше она отстоит от центра (имеется в виду линейная, а не угловая скорость). Доказательство данного утверждения оказывается чрезвычайно запутанным и заключается в следующем. Рассмотрим рычаг с центром вращения  $O$  и отметим на нем две точки  $a$  и  $b$ .



При вращении рычага каждая из этих точек получает два движения: естественное, перпендикулярное плечу рычага (обозначения  $aA$  и  $bB$ ), и приобретенное, направленное к центру  $O$ , с которым все точки рычага связаны нерасторжимой связью (обозначения  $aA'$  и  $bB'$ ). Поскольку при повороте все точки рычага описывают дуги окружностей, то де-

лается вывод, что отношение между естественным и приобретенным движением не остается постоянным. Почему так происходит – не объясняется. Зато дается указание на следующий факт: точка  $a$  получает большее приобретенное движение, чем точка  $b$ . В самом деле, пусть естественные движения этих точек будут равными ( $aA$  и  $bB$  на чертеже), тогда их приобретенные движения будут соответственно равны  $aA'$  и  $bB'$ . Но очевидно, что  $aA' > bB'$ , то есть расположенная дальше от центра  $O$  точка  $a$  получает меньшее приобретенное движение при таком же естественном. Чтобы пропорция между естественным и приобретенным движением оставалась одинаковой (опять же не объясняется, почему это условие является обязательным) для всех точек рычага оказывается необходимым, чтобы точка  $b$  двигалась быстрее точки  $a$ , и только положение  $Oa'b'$  обеспечит сохранение пропорциональности движений. При этом легко показать геометрически, что величина движений точки  $b$  так относятся к величинам движений точки  $a$ , как расстояние  $Ob$  к расстоянию  $Oa$ . В современном виде мы можем записать полученное соотношение как

$$\frac{V_b}{V_a} = \frac{R_b}{R_a}$$

Современному читателю, знакомому хотя бы с начатками школьной физики, будет чрезвычайно трудно прочесть данные рассуждения без вопроса: зачем доказывать всё таким

сложным и сомнительным способом? Пусть даже результат и является абсолютно верным, но ход рассуждений едва ли кажется убедительным. Если быть честным, то приведенное доказательство вообще ничего не доказывает, а является собою просто-напросто геометрическое пустословие. Более того, греки умели вычислять длину окружности через радиус, поэтому они могли без особого труда составить приведенную выше пропорцию, исходя из самых элементарных кинематических соображений. Но был выбран иной путь. Конечно, нужно иметь в виду что, сегодня люди узнают о легких способах анализа вращательного движения от учителя физики, однако во времена античности такого источника информации не существовало: привычную для нас механику еще не придумали, а эллины лишь пытались делать робкие шаги в этом направлении. Сведение всей механики к круговому движению образовывало некую общую совокупность всех подходов, требующую при рассмотрении задачи равновесия привлекать достаточно сложные соображения. Фактически, греки пытались применить к проблеме сразу все свои знания о механике, даже если условия задачи этого не требовали. Поскольку Аристотель говорил о естественном и приобретенном движении, то их необходимо отыскивать во всех рассматриваемых процессах.

Так или иначе, но получив требуемое соотношение, автор «Механических проблем» приступает к обоснованию закона рычага, а именно – объясняет, каким образом получает-

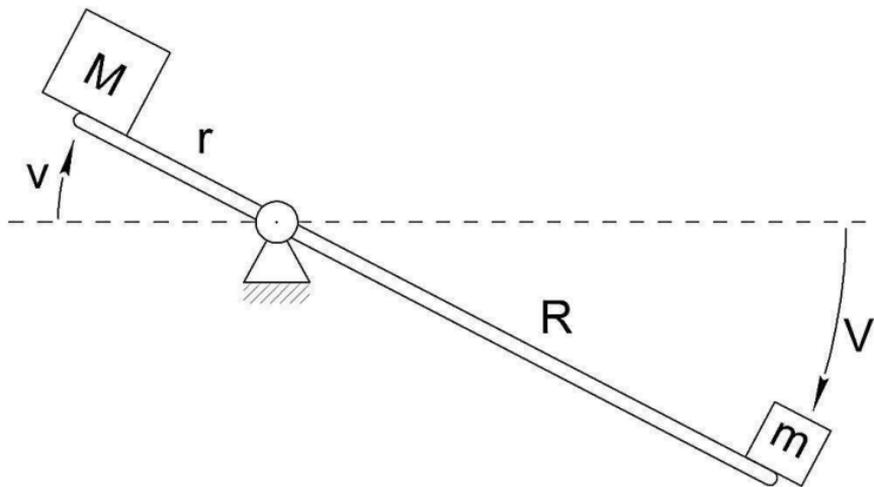
ся возможным с помощью рычага поднимать малым усилием большие тяжести. Здесь используется один из основных законов Аристотеля о приобретенном движении, который мы можем переформулировать следующим образом: при действии одинаковых сил на различные тела произведения их веса (массы) на их скорость дадут постоянную величину. Теперь рассмотрим весы, на плечах которых расположены грузы массой  $m$  и  $M$ . Если весы начнут двигаться, то грузы станут перемещаться по кругу со скоростями  $V$  и  $v$ . Дабы система находилась в равновесии необходимо, чтобы на оба груза действовали одинаковые силы (это неверно, однако греки не знали понятия момента), поэтому можно записать

$$m \cdot V = M \cdot v$$

Поскольку выше уже было показано, что для кругового движения скорость пропорциональна радиусу, то последняя формула может быть преобразована в соотношение

$$m \cdot R = M \cdot r$$

что дает нам абсолютно верный закон рычага. Из полученного соотношения следует, что для равновесия необходимо, чтобы отношения грузов и соответствующих плеч находилось в обратной зависимости. Здесь мы видим фактически уже закон равенства моментов, ведь греки не отличали массу и вес, но последний шаг – формулирование понятия «момента силы» – так и не был сделан.



На первый взгляд может показаться странным, что используя сомнительные или даже вовсе ошибочные положения, греки все же пришли к верному решению, однако нужно помнить, что закон рычага был уже давно известен из практического опыта, а приведенное нами доказательство представляет собой лишь подгонку аристотелевских воззрений под заданный ответ. В результате мы видим своеобразную мешанину взглядов, которую характеризуют в первую очередь неспособность различить многие базовые понятия механики (такие как «сила» и «вес» или «путь» и «скорость»), сведение задачи к круговой геометрической схеме с обязательными отношениями пропорциональности, а также использование одновременно статических, кинематических и динамических подходов. Важно понимать, что подобное усложнение и неясность создавали искусственную

видимость наукообразия и дополнительно убеждали в истинности всех рассуждений.

Очень важно не впадать в крайность и не пытаться приложить к греческим выкладкам дополнительные знания из современной науки. В «Механических проблемах» сказано всё, что мог сообщить автор и ничего сверх того. Чересчур увлеченные современные исследователи находили в приведенных соображениях и закон сохранения энергии, и даже принцип виртуальных перемещений, но никто из античных или средневековых мыслителей ничего подобного там почему-то не обнаруживал.

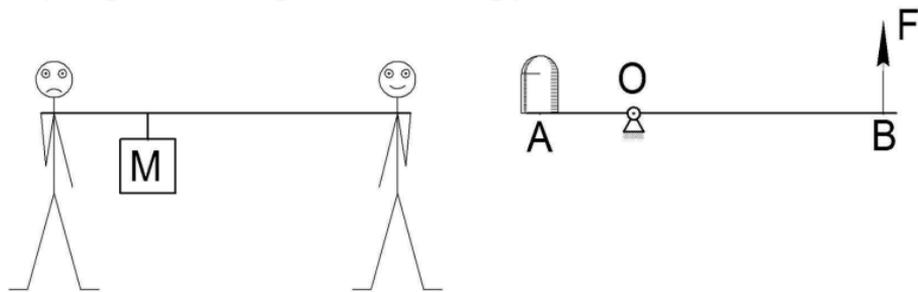
Собственно, сам закон рычага разбирается в первых четырех главах (если не считать введения) «Механических проблем», при этом также определяются условия устойчивого и неустойчивого равновесия: оно зависит от типа закрепления весов – устойчивое при подвесе сверху и неустойчивое при подпоре снизу. При этом понятие «центра тяжести» автору не знакомо, и никаких выводов о нем не делается, хоть материал работы к этому располагает. Весьма вероятно, что эти первые и самые длинные четыре главы изначально составляли отдельный самостоятельный текст, к которому позже были добавлены последующие части.

# Механические задачи, решаемые греками

Большинство оставшихся глав представляют собой любопытный набор технических заметок, разбирающих принципы работы множества приспособлений: корабельного весла и руля, мачты и паруса, колеса повозки и тачки, пращи, лебедки и ворота, клина и блока, а также нескольких видов подъемников. Также рассматриваются процессы ломания палки о колено, скругления морской гальки, вставания сидящего человека, переноса грузов на плече с помощью шеста, удара топором и даже изготовления кроватей. Во всех случаях вначале формулируется вопрос: почему происходят какие-то действия либо же возникает выигрыш в силе. Всё это подается как общеизвестные факты, которые, тем не менее, вызывают удивление и потому требуют разъяснения. Затем любой процесс сводится к рычагу и круговому движению, но окончательный вывод не делается, поскольку изложение всегда построено в гипотетической форме и начинается с фразы «Не потому ли ... ?». Ниже мы рассмотрим несколько таких объяснений и отметим их характерные особенности.

Так, например, в одной из глав разбирается следующий вопрос. Почему, если два человека несут груз на палке, и он подвешен не посередине, то тяжесть давит больше на того

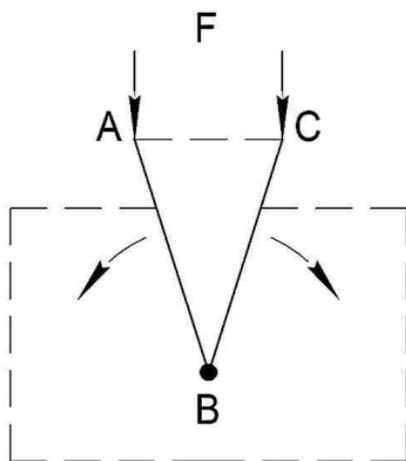
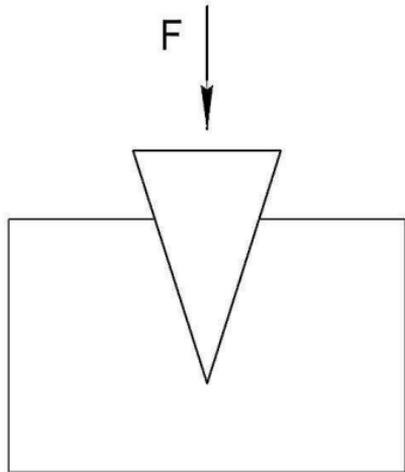
носильщика, который расположен ближе к ней? Не потому ли, предполагает автор, что в такой ситуации палка является рычагом, переносимая тяжесть – точкой опоры, ближайший носильщик – движимым грузом, а удаленный носильщик – движущим. Получается, что один носильщик давит на другого, упираясь в переносимый груз.



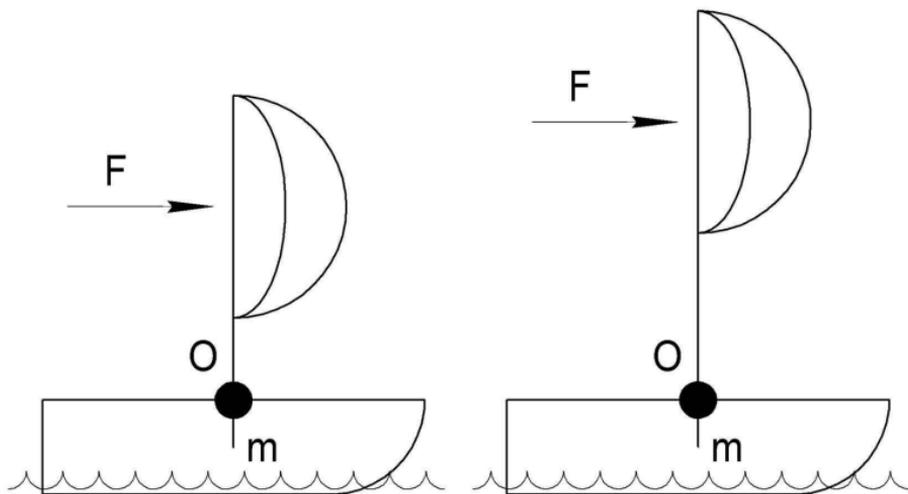
Несмотря на кажущуюся абсурдность – назначить груз опорой, а людей наоборот представить грузами – предложенный подход дает верную расчетную схему, которая, впрочем, является самой неудобной из всех возможных. Поскольку вес переносимого груза исключается из рассмотрения, то невозможно сразу же определить тяжесть, приходящую на каждого носильщика. Конечно, закон рычага позволяет легко составить необходимую пропорцию, но автор «Механических проблем» не считает нужным указывать на то, что отношение нагрузок окажется обратно пропорциональным расстояниям до груза. И это очень важный момент: трактат вообще не предназначен для проведения технических расчетов, поэтому даже полученные математические законы не

используются для того, чтобы довести задачи до итоговых соотношений. Автор вполне доволен качеством объяснения, повторяя каждый раз принцип работы рычага, но, не применяя его.

В другой главе разбирается, каким образом малый клин может создавать сильное давление и раскалывать большие тела. Предполагается, что клин можно рассматривать как два рычага АВ и СВ, вращающихся вокруг общей точки В. Удар по обуху передает силу на рычаги, и даже из малой мощности получается многое благодаря сокрытому движению – стороны клина расходятся в противоположные стороны, и происходит раскалывание груза в точке В. Приведенное объяснение хоть и выглядит достаточно убедительно, но является абсолютно неверным, а также практически бесполезным, поскольку не дает никаких соотношений и рекомендаций по работе с клином.



Еще одна характерная задача трактата сформулирована следующим образом: «Спрашивается, почему с более высокой мачтой, судно плывёт быстрее при таком же парусе и таком же ветре? Не потому ли, что мачта является рычагом, палуба – опорой, само судно – перемещаемой тяжестью, а ветер – силой, которая действует на парус? Ведь чем дальше точка опоры, тем быстрее сила движет тяжесть. Выходит, что, поднимая парус, мы удаляем его от места укрепления на палубе, то есть – от точки опоры».



Данное истолкование уже совершенно несостоятельно. Если опора находится в точке  $O$ , то описанная схема приведет лишь к тому, что при дополнительном поднятии паруса судно сильнее погрузит свой нос в воду. В реальности увеличение скорости связано в основном с тем, что прямо над поверхностью моря ветер дует слабее, поскольку теряет часть энергии от взаимодействия с волнами. Нас, однако же, должна удивлять не сама ошибка, а то, как автор трактата не замечает, что в предлагаемом объяснении судно будет двигаться в обратную сторону. В самом деле, если одно из плеч рычага (парус) поворачивается вперед, то второе обязано перемещаться назад. Этот очевидный факт игнорируется, хотя автор прекрасно о нем осведомлен. Такова цена методологической необходимости сводить к рычагу абсолютно все технические явления: приходится закрыть глаза даже на столь

явные несоответствия.

Ближе к концу трактата разбираются в основном уже общие законы движения, которые в общих чертах повторяют воззрения Аристотеля, однако кое-где автор «Механических проблем» идет дальше и даже вплотную подходит к формулировке принципа инерции. Смелые рассуждения, однако, резко обрываются заявлением о бессмысленности введения новых понятий в самом конце книги.

Самая последняя глава дает объяснения того факта, что попавшее в водоворот тело всегда увлекается к середине водяного вихря. Здесь совершенно в стиле Демокрита водоворот представляется множеством тонких концентрических кругов, причем отмечается, что у любого внешнего круга скорость всегда выше, чем у соседнего с ним внутреннего. От этого всякое тело и выталкивается высокой скоростью в более спокойную область. Несложно понять, что данный процесс будет вынуждено продолжаться до тех пор, пока объект не сместится в самый центр водоворота.

Таково в общих чертах содержание и характер «Механических проблем», чье влияние на многие поколения мыслителей нельзя назвать иначе, чем фундаментальным. Сопоставимый по масштабу и глубине уровень осмысления технических задач мы вновь обнаружим лишь на рубеже XV и XVI веков в работах Леонардо да Винчи.

# **Изменение взглядов на механику с наступлением эпохи эллинизма**

С наступлением эпохи эллинизма меняется сам стиль античного мышления. Если раньше философы рассуждали о том, как им – наиболее просвещенным и достойным аристократам – обустроить жизнь идеального греческого полиса, то теперь они окончательно и бесповоротно лишились всякой власти. Греция потеряла независимость, а ее культура переселилась в богатые дворцы новых восточных царей. Эти всемогущие монархи оставались эллинами, но правили уже не соплеменниками, а древними и богатейшими цивилизациями Египта и Вавилона, которые достались полководцам Александра в готовом виде. Экономическая и социальная структура завоеванных земель осталась прежней. Всякая философия теперь носила скорее эстетический и культурный характер, призванный развлекать царя и служить блеску и величию его двора. Одновременно с этим физическую работу теперь выполняли не просто рабы, но тысячи подданных иной национальности и культуры, с которыми придворные мудрецы вовсе не пересекались (более того, египетские жрецы и вавилонские маги продолжали свою работу фактически независимо от Александрийского Музея или Пергамской библиотеки). В таких условиях греческая мысль оказа-

лась полностью оторванной от внешнего мира и погрузилась сама в себя. Отныне высокий уровень научной абстракции ставит задачу построения стройной и замкнутой системы, от которой не требуют ни новых результатов, ни практической пользы, ни даже хоть какой-либо связи с реальными проблемами (которые столь живо и детально обсуждались в «Механических проблемах»). Если в такую систему и проникает новое, то все открытия обычно делают иными менее строгими средствами и лишь задним числом дают им обоснование каноническим способом.

Разумеется, никакие общепринятые философские воззрения или социальные установки не могли остановить отдельных талантливых греков, готовых ради поиска истины идти дальше современников. В этом отношении особенно выделяются взгляды Стратона из Лампасака, который учился у самого Теофраста – ближайшего сподвижника и товарища Аристотеля. Сам Стратон стал после учителя третьим руководителем Ликея, а затем принял должность воспитателя детей Птолемея I, а поэтому, конечно же, не мог позволить себе совсем уж открытого свободомыслия, однако огромный интерес к естественнонаучным вопросам все-таки заставил его заимствовать некоторые положения из учения атомистов.

Стратон смело отвергал наиболее архаичные части аристотелевского учения, полагая природу (физику) единой с материей самодостаточной силой, лишенной сознания и стремления к целям. Никаких сверхъестественных явлений

он не признавал, очевидно, придерживаясь взглядов близких к пантеизму. Также он отрицал существование абсолютно легких тел, поскольку тяжесть по его мысли присуща всем четырем первоэлементам (существование эфира также отвергалось). Факт стремления некоторых тел вверх объяснялся абсолютно в духе Демокрита – выталкиванием со стороны более тяжелых элементов. Именно тяжесть формирует порядок в Космосе и выступает источником всякого движения.

Более того, хоть Стратон и отрицал наличие некой все-ленской космической пустоты, но при этом предполагал, что частички любого вещества разделены пустотами, и этим объясняется сжимаемость тел, жидкостей и газов. Если же искусственным образом создать достаточно большой объем пустоты, то, поскольку природа ее не терпит, в освободившееся пространство устремятся любые находящиеся поблизости частицы, а не только взаимно однородные, как ошибочно полагал Демокрит.

Также, наблюдая за падающими каплями воды, Стратон установил, что по мере своего движения они всё больше отдаляются друг от друга, то есть летят вниз с ускорением. Мы уже говорили, что Аристотель знал об этом ускорении, но никак не вписал его в свою систему, что оставило перипатетическую науку на позициях падения с постоянной скоростью. Стратон же сбрасывал предметы на преграду и твердо установил, что сила удара, а значит и скорость, растет с увеличением высоты падения. С другой стороны, Стратон

вслед за Аристотелем продолжал считать, что движущееся тело обязательно остановится даже безо всякого трения и сопротивления среды, просто оттого, что движущая сила рано или поздно исчерпается.

За свой интерес к изучению природы Стратон получил от современников прозвище «физик». Из множества написанных им сочинений не сохранилось ни одного. Его воззрения фактически предвосхитили современную науку и настолько опередили свое время, что у него не попросту не оказалось последователей, за исключением разве что астронома Аристарха из Самоса, чьи гениальные открытия, как мы уже знаем, также не были приняты современниками. Одно лишь учение Стратона о пустоте нашло своих читателей и значительно повлияло на античную пневматику, в остальном же эллинистическая наука продолжала курс на полное отчуждение от реального мира и переход в сторону хоть и логически безупречных, но все же спекулятивных абстракций. Подобный подход отрывал философию даже от уровня простого описания и осмысления природных явлений, однако одновременно формировал аппарат, который в дальнейшем (хоть и очень нескоро) будет, наконец, использован и для непосредственного изменения реальности.

# Механика Архимеда

Последним и наивысшим шагом в развитии отмеченных нами тенденций стали механические работы Архимеда, который достиг столь впечатляющих результатов, что его труды оказались чересчур сложны для последующих поколений. Римская, византийская, исламская и западная христианская цивилизации знали о нем, но почти не читали. Отдельные выдающиеся мыслители, разумеется, с увлечением изучали даже трудные книги, и время от времени делали копии рукописей, однако многие тексты Архимеда известны нам лишь из арабских переводов, а часть – утрачена безвозвратно. Именно к несохранившимся сочинениям относятся трактаты «О центре тяжести» и «О весах или рычагах», где наиболее полно излагались основы всей архимедовой механики. К счастью мы можем вполне восстановить ее характерные черты по ссылкам и комментариям более поздних авторов.

Судя по всему, Архимед уже с ранних лет проявлял к механике особый интерес, причем начинал с практики и лишь постепенно поднялся на уровень теоретических обобщений. Приехав в Александрию для обучения, Архимед заинтересовался механизмами, которые египтяне использовали для орошения своих полей, и внес существенные усо-

вершенствования в устройство водяного насоса, предложив свой знаменитый винт или улитку. На берегах Нила почти не бывает дождей, поэтому хозяйственное значение ирригации было чрезвычайно высоким, а разработанная Архимедом конструкция оказалась настолько удачной, что один человек теперь мог поднимать за день огромные массы воды (чаще всего винт крутили, шагая по нему ногами). Новые египетские машины стремительно распространились по всему Средиземноморью и с успехом использовались, например, для откачки воды из иберийских рудников.

Начав изучать греческие трактаты по механике, которые, несомненно, в огромном количестве хранились в Александрийской библиотеке, Архимед обнаружил там некоторые атомистические решения, которые были уже полностью изгнаны из математических работ Евдокса, Менехма и Евклида, но вполне допускались в прикладных дисциплинах. Талантливый сиракузец достаточно рано понял, что приемы, используемые в задачах статики, вполне применимы и для геометрии, однако, дабы получаемые решения были точны, необходимо сформулировать механику как точную науку, все положения которой логически вытекают из нескольких самоочевидных истин. Если же кого-то не удовлетворит надежность полученных таким способом теорем, то их всегда можно будет доказать повторно с помощью строгого метода исчерпания и последующего сведения к абсурду, как это было сделано для задачи о площади сегмента параболы. Особо

отметим, что, поскольку все рассуждения Архимеда построены геометрически, то речь у него всегда ведется о фигурах или объемах, то есть о плоских или пространственных математических величинах, но не реальных физических телах.

# Работы Архимеда о равновесии

В качестве исходных пунктов своей механической системы Архимед избрал закон рычага и учение о центрах тяжести, поэтому теперь следовало дать им математическое обоснование. При этом все рассуждения строились только вокруг уравновешенного рычага безо всяких дополнительных соображений о возможном движении, то есть мы впервые встречаем именно современную нам статику в ее чистом виде. Самая ранняя из сохранившихся работ Архимеда «О равновесии плоских фигур или о центрах тяжести плоских фигур» посвящена именно равновесию и нахождению центров тяжести различных тел.

Впрочем, сразу оговоримся, что в указанном сочинении не встречается определение центра тяжести, поскольку оно, вероятно, уже давалось в одном из предыдущих и не дошедших до нас текстов. Судя по более поздним замечаниям Паппа Александрийского, центр тяжести по Архимеду, это точка, при подвешивании за которую тело всегда остается в равновесии. При этом вполне осознавался тот факт, что во многих случаях закрепить тело за его центр тяжести возможно лишь мысленно. Зато у того же Паппа мы находим следующую практическую рекомендацию: чтобы отыскать центр тяжести у реального объекта, необходимо подвесить его за

несколько различных точек, каждый раз провести воображаемую вертикальную плоскость через точку подвеса, тогда в месте пересечения всех таких плоскостей и будет находиться центр тяжести. Откуда известно, что подобная точка обязательно отыщется – не уточняется.

В остальном же структура трактата «О равновесии плоских фигур...» в полной мере соответствует образцу евклидовых «Начал». С самого начала Архимед выдвигает семь предварительных постулатов о работе весов (в очень характерной формулировке «Мы требуем, чтобы...»), следующего содержания:

1. Одинаковые равноудаленные тяжести находятся в равновесии, а одинаковые тяжести удаленные на различные расстояния не находятся в равновесии, и перевес происходит в сторону той тяжести, которая удалена на большее расстояние.

2. Если две каких-то тяжести уравновешены на определенных расстояниях, и если к одной из них что-нибудь добавить, то равновесие нарушится в сторону увеличенной тяжести.

3. Если в схожей ситуации наоборот отнять что-нибудь от одной из двух тяжестей, то равновесие нарушится в сторону той тяжести, которая осталась неизменной.

4. Если две равновеликие и подобные плоские фигуры совпадут при наложении, то их центры тяжести тоже совпадут.

5. В подобных, но неравновеликих фигурах центры тяжести расположены сходственно.

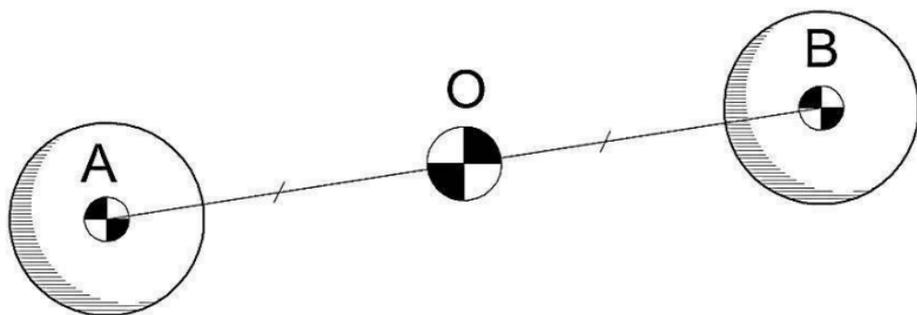
6. Если два тела уравновешены на определенных расстояниях, то и равновеликие им тела уравновесят друг друга на тех же самых расстояниях.

7. Если фигура всюду выпукла, то центр тяжести находится внутри нее.

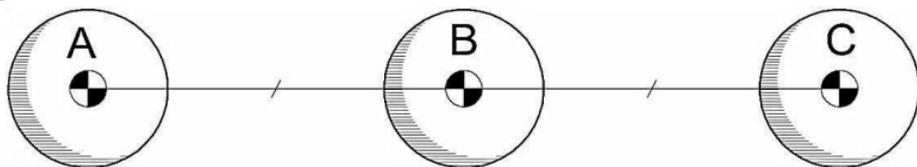
Все эти утверждения действительно самоочевидны для каждого, кто знаком с устройством обыкновенных весов, однако тут важна даже не физическая, а рациональная истинность: эти постулаты действительно сложно оспорить (хотя, конечно, при желании можно принципиально отказаться признать любой из них), поэтому теперь на их фундаменте можно было строить надежное здание механической науки. Архимед приступает к доказательству постепенно усложняющихся теорем.

Так, например, утверждается, что центр тяжести системы из двух одинаковых тел находится на середине прямой, соединяющей их центры тяжести. Здесь по умолчанию предполагается, что центр тяжести обязательно лежит на прямой АВ, но этот факт не вытекает из перечисленных постулатов. По-видимому, это уже доказывалось в другой книге. Так или иначе, но приняв данное положение, Архимед путем сведения к абсурду легко доказывает, что  $АО = ОВ$ , иначе опертая в точке О система выйдет из равновесия (хотя, поскольку определения центра тяжести в работе не дается, то не совсем

ясно, почему, собственно, она вообще должна в нем находиться).



Теперь уже легко доказать, что если взять три одинаковых лежащих на одной прямой и равноотстоящих друг от друга тела, то их общий центр тяжести совпадет с центром тяжести среднего тела (точка В на чертеже). Продолжая рассуждения, можно показать, что, сколько бы мы ни взяли таких тел, но центр тяжести системы всегда окажется посередине между первым и последним.



Завершив подготовительный этап, Архимед приступает к доказательству основной теоремы, обосновывающий принцип рычага: соизмеримые тяжести уравниваются на расстояниях обратно пропорциональных их весу. В самом деле, рассмотрим весы с опорой в точке О. Пусть на противоположных концах весов А и В подвешены грузы весом  $P$

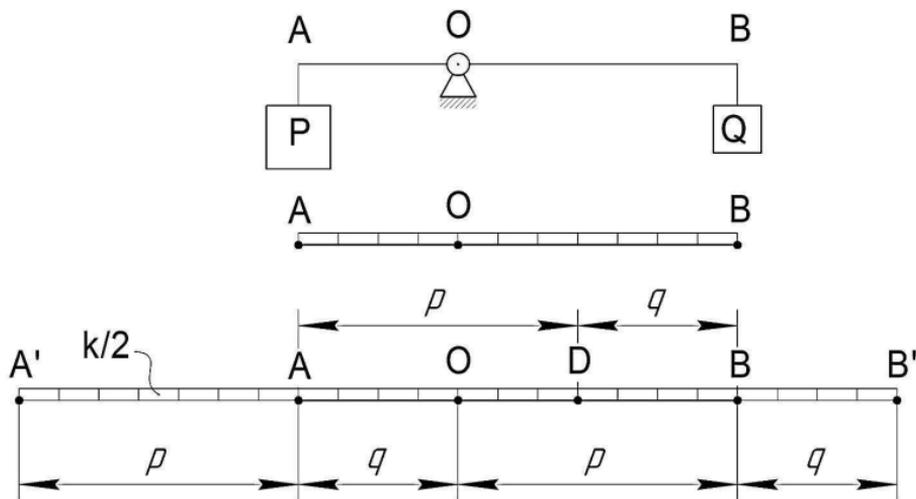
и  $Q$ , причем

$$\frac{P}{Q} = \frac{OB}{AO}$$

Поскольку  $P$  и  $Q$  соизмеримы, то можно записать их как  $P = p \cdot k$  и  $Q = q \cdot k$ , где  $p$  и  $q$  являются целыми числами, а вес  $k$  есть общая мера для  $P$  и  $Q$ . Отсюда следует, что

$$\frac{P}{Q} = \frac{OB}{AO} = \frac{p}{q}$$

Разделим отрезок  $AB$  в соотношении  $q:p$ , то есть поделим  $AO$  на  $q$  частей, а  $OB$  поделим на  $p$  частей (на чертеже условно выбрано  $q = 4$  и  $p = 7$ , но на ход дальнейших рассуждений это никак не повлияет). Введем также точку  $D$ , которая делит отрезок  $AB$ , в обратном соотношении  $p:q$ . Слева от  $A$  добавим еще  $p$  частей, а справа от  $B$  добавим еще  $q$  частей. Разместим на каждой части грузик весом  $k/2$ .



Легко видеть, что  $AB = A'O = OB' = p+q$ , а точка  $O$  является серединой  $A'B'$ . Общий центр тяжести системы всех расположенных на  $A'B'$  грузиков  $k/2$  находится в точке  $O$ , что уже доказано в теореме о множестве равноудаленных одинаковых тел, расположенных на одной прямой. Значит, отрезок  $A'B'$  с размещенными на нем грузиками должен находиться в равновесии, если будет оперт в точке  $O$ .

Все грузики на отрезке  $A'D$  имеют вес  $2 \cdot p \cdot k/2 = P$ , а их центр тяжести находится в точке  $A$ . Согласно исходному шестому постулату все эти грузики можно без нарушения равновесия заменить одним грузом  $P$ , подвешенным в точке  $A$ .

Аналогично, грузики на отрезке  $DB'$  имеют вес  $2 \cdot q \cdot k/2 = Q$ , а их центр тяжести находится в точке  $B$ . Согласно исходному шестому постулату все эти грузики можно без нарушения равновесия заменить одним грузом  $Q$ , подвешенным в

точке В.

Таким образом, мы свели заведомо равновесное состояние к исходному – закон рычага для соизмеримых тяжестей доказан. Распространить это доказательство на случай несоизмеримых величин относительно нетрудно, и Архимед делает это по заимствованному у Евклида шаблону.

Оставшиеся главы работы Архимеда о равновесии, хоть и составляют три четверти от объема всего текста, но малоинтересны для нас, поскольку посвящены в основном чисто геометрическому определению положения центров тяжести различных плоских фигур, зачастую весьма причудливых и не имеющих почти никакого практического значения.

# Работы Архимеда по гидростатике

Построив статику рычага по строгим лекалам эллинистической геометрии, Архимед занялся также и вопросами статики гидравлической. Эти исследования были не праздным или частным увлечением, но развитием работ многих его предшественников. Согласно некоторым источникам и Архит, и Стратон, и многие другие греческие мастера и ремесленники умели изготавливать игрушки и механизмы, приводящиеся в движение силой сжатой воды или воздуха. Очевидно, эллины очень рано поняли, что воздух упруг, а нагретая вода стремится расшириться, но общепринятой теории, описывающей данные явления, не существовало. Наиболее разумными выглядели такие объяснения, которые так или иначе представляли всякую среду состоящей из частиц, между которыми могут существовать или хотя бы гипотетически образовываться промежутки. При нагревании в эти зазоры проникают элементы огня, увеличивая тем самым исходный объем вещества. При охлаждении, напротив, элементы огня покидают вещество, и его частицы сближаются либо из-за взаимного притяжения, либо потому, что природа не допускает пустоты. Далеко не все мыслители соглашались с такой физической трактовкой, но она в любом случае была чисто качественной, то есть философской, но не научной. Архи-

мед решает изложить учение о механике жидкости в таком же виде, как это было сделано в отношении учения о равновесии, и блестяще решает данную задачу в своем знаменитом трактате «О плавающих телах».

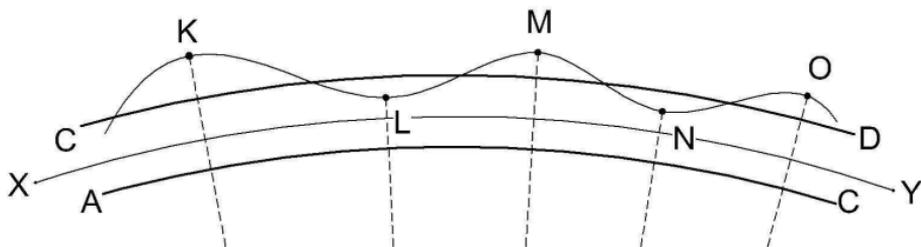
Рассуждение начинается со следующих, сформулированных в виде допущений, постулатов:

1. Жидкость состоит из частиц.
2. Более сдавленные частицы жидкости выталкивают менее сдавленные частицы, расположенные с ними на одном уровне.
3. Каждая частица жидкости сдавливается всей расположенной вертикально над ней жидкостью, если только сама жидкость не находится в сосуде, либо не испытывает иное давление.

Заметим, что Архимед не утверждает, будто бы вода действительно состоит из частиц, но лишь предполагает это, а затем делает логические выводы из своих гипотез. Никаких сравнений теоретических результатов с экспериментом в сочинении не приводится, хотя из других источников мы точно знаем, что они неоднократно производились.

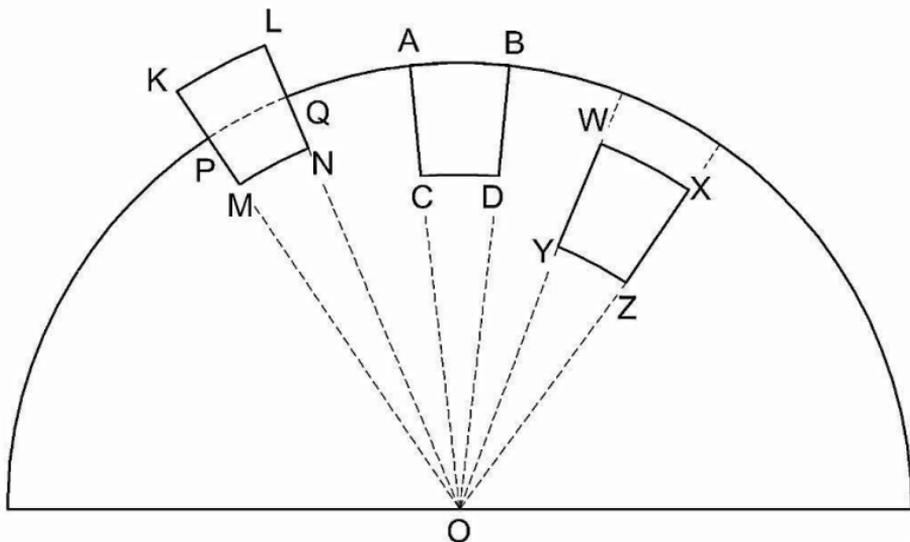
Первым же следствием из перечисленных аксиом является теорема о том, что всякая успокоившаяся жидкость будет иметь поверхность в форме шара, центр которого совпадает с центром Земли (тут необходимо заметить, что Архимед полагает шарообразность нашей планеты очевидной для читателей). В самом деле, пусть дуга  $AC$  соответствует по-

верхности Земли, дуга CD – сферической поверхности жидкости, а пунктирами обозначены направления к центру Земли. В таком случае все частицы жидкости, расположенные на одинаковом уровне, например в слое XY, испытывают одинаковое давление, ведь толщина расположенной выше жидкости везде одинакова. Никакая частица не будет вытесняться другими, и система останется в равновесии. Если же мы предположим, что поверхность воды имеет иную форму, например KLMNO, то под точками K, M и O давление будет больше, чем под точками L и N, следовательно, равновесие нарушится, и жидкость придет в движение, пока ее поверхность не примет сферическую форму.



Теперь уже легко понять, почему какое-либо тело, будучи опущенным в равнотяжелую с ним жидкость (понятия «удельный вес» и «плотность» Архимеду не знакомы) погрузится в нее так, что никакая его часть не станет выступать над поверхностью, после чего прекратит всякое движение. В самом деле, пусть O – центр земли, и поверхность жидкости имеет сферическую форму. Предположим, что мы погрузили тело KLMN в жидкость не полностью. Тогда часть PQNM

создаст на нижний выделенный пунктиром столб частиц давление аналогичное вытесненному объему жидкости (ведь тело и жидкость по условию равнотяжелы), а вот часть  $KLQP$  создаст дополнительное давление, и, согласно, принятым постулатам система выйдет из равновесия и более сдавленные частицы начнут выдавливать менее сдавленные – тело станет опускаться вниз. Однако лишь только оно погрузится полностью и придет в состояние  $ABDC$  (поворот фигур на чертеже не несет физического смысла), то давление вещества под  $AB$  станет аналогично давлению в любом другом месте – наступит равновесие и движение прекратится. По непонятной причине Архимед не делает очевидного вывода еще и о том, что насильно погруженное до уровня  $WXZY$  равнотяжелое с жидкостью тело останется в таком положении сколь угодно долго.



Аналогичным образом доказывается, что тело более легкое, чем жидкость, не погрузится в нее целиком, но будет выступать над поверхностью воды, причем вес всего тела  $KLNМ$  окажется равен весу вытесненной жидкости, то есть объему жидкости в  $PQNM$ . Лишь в таком случае давление на все частицы жидкости окажется одинаковым и наступит равновесие. Данные соображения очень подробно и обстоятельно обосновываются Архимедом в двух отдельных теоремах.

Далее следует очень интересная теорема, гласящая, что если в жидкость полностью погрузить более легкое тело, то оно будет выталкиваться вверх с силой равной разности между весом вытесненной телом жидкости и весом самого тела. Доказать это совсем просто: если прибавить указанную

разницу к весу тела, то оно сразу станет равнотяжелым с жидкостью и система придет в равновесие, однако, поскольку в реальности равновесия нет, значит именно с такой силой тело и выталкивается наверх. Для нас же в этой теореме важны сразу два момента.

Во-первых, она сформулирована полностью в «терминах» современной механики (разумеется, оригинальный текст написан по-гречески, но перевод получается вполне физическим). В самом деле, Архимед фактически делает «вес» и «силу» равнозначными соизмеримыми понятиями, как это и принято сейчас. Здесь нужно сразу же вспомнить всё, что мы говорили об отсутствии у греков устоявшейся терминологии. Под весом понималась одновременно и масса и давление на опору или натяжение подвеса от действия тяжести, а под силой – просто некое воздействие, которое иногда измерялось в единицах массы, а иногда приравнивалось к давлению, хотя о нем эллины тоже не имели четкого представления. По общим вычислительным соображениям сила должна была бы определяться как произведение единицы массы на единицу скорости, но введение комплексной единицы измерения было несовместимо с характером античной науки (делить путь на время тоже считалось неправомерным).

Во-вторых, последняя теорема противоречит тезису Аристотеля о движении легких тел вверх. В самом деле, по Архимеду получается, что тело всплывает тем быстрее, чем больше плотность жидкости, однако перипатетическая наука го-

ворила обратное: плотная среда должна всегда препятствовать разгону. Поскольку, согласно Аристотелю, тела самостоятельно стремятся к своему естественному месту, то жидкость может выступать лишь в качестве среды, которая оказывает сопротивление движению, и потому быстрее всего тело всплывет в наименее плотной жидкости. Из-за данного противоречия Эратосфен отказался принимать выводы Архимеда, хотя и не оспаривал их математическую строгость. Очевидно, сомнению было подвергнуто изначальное общее убеждение в том, что всякое без исключения вещество имеет тяжесть и стремится вниз.

Последняя, интересующая нас теорема из гидростатики Архимеда гласит, что если в жидкость погрузить более тяжелое тело, то оно опустится до самого дна, но при этом станет легче на вес вытесненной жидкости, то есть на вес жидкости, заключенный в объеме этого тела.

Далее Архимед вводит еще один постулат о том, что все всплывающие тела поднимаются по вертикальной линии, проходящей через их центр тяжести. На основании данного предположения разбирается множество случаев погружения в жидкость легких тел, форма которых напоминает корпус корабля. Ни слова об определении объема царской короны или какой-либо похожей истории в работе «О плавающих телах» нет.

# Механика при римлянах

Наступление римского владычества полностью изменило направление развития античной науки. Впрочем, на первый взгляд, поменялось немного: достижения греческой мысли были переняты Римом, который в полной мере осознавал культурное и превосходство эллинов. Александрийский Музей перешел под личное покровительство императоров, а членство в нем стало почитаться за особую привилегию. Впрочем, как и раньше, там занимались в основном литературой и филологией, дабы догматизировать олимпийскую мифологию и позволить общине греков и римлян сохранить себя в иноязычной египетской среде. Естественная деятельность выступала лишь как дополнительный инструмент, с помощью которого ученые-жрецы служили музам.

Новые хозяева Средиземноморья, однако же, не имели склонности к абстрактному философствованию – ошеломляющий успех римлян обеспечивался в первую очередь их приземленной и циничной практичностью. Мода на греческую культуру носила во многом декоративный характер, не отличаясь ни глубиной, ни по-настоящему живым интересом. Большая часть эллинского наследия так никогда и не будет переведена на латынь, а сами римляне почти не учили чужих языков. Кроме того, неустойчивая структура Империи с

ее грандиозной столицей и громадными плохо управляемыми территориями, непрекращающимися социальными волнениями и внешними нашествиями, экономической нестабильностью и разложением общества – всё это требовало не отвлеченного теоретизирования, а работающих решений.

Колоссальное по масштабам строительство нуждалось существенно усилило интерес непосредственно к технике, которая и до того хоть и медленно, но непрерывно развивалась усилиями мастеров и ремесленников, а теперь еще и превратилась в предмет серьезного научного анализа. Греческая наука, однако же, оказалась чрезмерно громоздкой и неоправданно сложной, поэтому ее пришлось упростить и приспособить для хозяйственных нужд. Не только лишь военная мощь, но во многом (если не в главном) именно повсеместное использование разнообразных механизмов, равно как и способность организовать сложнейшие строительные работы, обеспечили долгие века римского могущества.

# Архитектура. Витрувий

Одним из первых и достаточно характерных примеров римского подхода к сочетанию науки с техникой является классическое сочинение Марка Витрувия Поллиона «Десять книг об архитектуре», посвященное императору Октавиану Августу. О самом авторе данного трактата известно немного (даже полное имя вызывает сомнение у историков) и в основном с его же собственных слов. Получив с юности профессиональное образование, он занимался сооружением военных машин в войсках Юлия Цезаря и немало попутешествовал вместе с ним по Европе. Не обладая, однако же, должной хваткой и настойчивостью, Витрувий не сумел извлечь выгоды из близости к будущему властителю Рима и потому, уже при Августе, служил скромным гражданским инженером, почти не получая крупных денежных заказов. Время для литературной деятельности появилось у него лишь после того, как, пользуясь покровительством сестры императора, он сумел выхлопотать себе кое-какую пенсию.

Нужно отметить, что в середине I века до нашей эры, когда жил Витрувий, архитектура Рима еще не достигла своего величия. В городе существовал всего один каменный театр, а общественных терм и амфитеатров не было вовсе. Гладиаторы бились прямо на площадях. Здания из обожженного кир-

пича только начали появляться, а кирпично-бетонных сводов Витрувий не знал вовсе. Латинских книг по архитектуре существовало очень мало, но потребность в них имелась, ведь Империя росла и богатела, а ее столица нуждалась в новых величественных постройках. Стремительное военное расширение позволило временно унять раздиравшие страну социальные противоречия, а череда кровавых диктаторов сменилась, наконец, фактическим установлением монархического строя при Августе. Предстояло грандиозное строительство, дабы Рим мог соответствовать божественному статусу нового Императора. Кроме того сразу же возникла необходимость обеспечить жильем толпы пролетариата, стекавшегося в богатую столицу, а также благоустроить город, провести водопровод, проложить дороги и возвести множество административных зданий. Античность еще не знала столь масштабных и стремительных строительных проектов, однако Рим, несмотря на всю его политическую, военную и экономическую мощь оставался в плане архитектуры и техники лишь провинцией эллинистического мира. В своей книге Витрувий добросовестно ссылается на многих греческих авторов и одновременно упоминает лишь нескольких соотечественников.

Очевидно, Витрувий сумел осознать происходящие на его глазах перемены и потому написал максимально полную энциклопедию всех существовавших тогда технических знаний. Собственно, архитектура в его понимании это не только

само строительное искусство, но в равной степени изготовление часов, а также сооружение различных механизмов и военных машин. Все это требует в равной степени как практических навыков, позволяющих выполнить здание по чертежу, так и теоретической подготовки, позволяющей исполнить работу по всем требованиям искусства и целесообразности. Лишь те мастера, которые одинаково хорошо постигли и практику, и теорию, смогли добиться признания.

Так, грамотность позволяет поддерживать память записями, а знание живописи и геометрии помогает создавать чертежи и планы. Арифметика нужна для составления сметы и вычисления размеров постройки. Знание истории дает возможность правильно украсить здание и выдержать его в необходимом стиле. Изучение философии возвышает архитектора нравственно и приучает стремиться к поддержанию достоинства своего имени, а не к наживе. Также именно философия изучает основные физические явления, без понимания которых работа архитектора просто невозможна. Музыка способствует лучшему усвоению математики, равно как позволяет на слух определить точность натяжения веревок и тросов. Умение выбрать места для зданий и спланировать город невозможно без понимания основ гигиены, физиологии, а также учета особенностей климата. Чтобы разбираться в строительных материалах, следует изучить геологию, минералогию и ботанику. Колодцы и водопроводы нельзя построить без знания почвоведения. Возведение те-

атров подразумевает использование правил акустики и гармонии, а для создания солнечных часов требуются знания астрономии. Сооружение подъемников и метательных машин базируется на учении о рычагах. Наконец, правильное освещение и красота зданий выводятся из законов оптики, а также пропорций человеческого тела, заключающего в себе (и это являлось несомненным для античности) все числовые пропорции вселенной. Также полезно знать и юриспруденцию, дабы у владельцев построек не возникало поводов для тяжб, а городские законы не оказались нарушены. Завершив данный перечень, Витрувий отмечает, что у многих людей возникает сомнение, будто бы одному человеку под силу изучить все перечисленные науки, однако при должных способностях и старании это все-таки вполне возможно, тем более что нет необходимости достигать везде совершенства, но достаточно лишь усвоить самое необходимое.

Как можно видеть, теория тут всецело ставится на службу практике. Впрочем, сам Витрувий далеко не в полной мере владеет теми знаниями, которые требует от архитекторов. О древних натурфилософах он пишет весьма поверхностно, а его рассуждения об эстетике туманны и неконкретны. Расчет зданий понимается исключительно в бухгалтерском смысле, а также в исчислении размеров и объемов построек. Единственные рекомендации касательно прочности заключаются в совете заглублять фундамент и не экономить на качественном материале. Особенно же любопытной для нас является

десятая книга трактата, которая посвящена учению о машинах, то есть тому, что и составляло для римлян всю механику как таковую.

Согласно Витрувию, машина есть соединение деревянных частей, обладающее огромными силами для перемещения тяжестей. Это, чересчур общее определение, включает и строительные леса, и подъемные механизмы, и метательные орудия, и пневматические устройства. Поскольку всякое движение любой машины сводится у Витрувия к круговому, то совершенно очевидно, что общие теоретические сведения он черпал из «Механических проблем». При этом весь математический аппарат оказался выкинут, а словесные пояснения переписаны весьма расплывчато. Так, например, выигрыш в силе объясняется соединением в рычаге таких абсолютно различных вещей, как прямая и круговая линии, каждая из которых по-отдельности неспособна совершить какой-либо работы. Интересно, однако, то, что даже такое туманное обоснование, по сути, никак не используется. Слепо следуя за греческим первоисточником, Витрувий, похоже, совсем не понимает теоретической концепции «Механических проблем». Все машины он сводит к рычагу, но сам рычаг – не просто к кругу, но к реальным весам (концы которых движутся по окружностям), причем их устройство описывается достаточно подробно. Римский инженер-практик оказывается бессилён перед мощью греческого анализа, и потому закон рычага объясняется простым эмпирическим

примером. Здесь автор даже не замечает логической ошибки: механизм объясняется через круговое движение, а оно само – снова через механизм (весы). Но и этого мало – все примеры сведения простых приспособлений к рычагу Витрувий переписывает из тех же «Механических проблем», хотя они не имеют ни малейшего отношения к строительному делу.

Закончив это краткое теоретическое отступление, наличие которого в «Десяти книгах об архитектуре» нельзя объяснить ничем, кроме моды на эллинистическую мудрость, Витрувий начинает обстоятельно и со знанием дела описывать конструкцию и способы изготовления различных водяных колес, насосов, метательных машин и осадных орудий. В целом весь трактат является сборником полезных инструкций, советов и рецептов, проверенных на опыте и гарантированно дающих надежный результат. Практическая ценность данного текста была огромной – его читали, на него ссылались, его копировали. Научная же составляющая, хоть на словах теория и ставилась высоко, но в действительности являла собой огромный шаг назад. Тем не менее, поскольку данный трактат оказался единственным сохранившимся античным текстом об архитектуре, он был достаточно хорошо известен в Средневековье, а его влияние на мыслителей ренессанса оказалось поистине колоссальным.

# Вершина античной механики. Герон Александрийский

Следующую попытку соединить достижения римской ремесленной механики с омертвевшей греческой наукой мы находим в трактатах Герона Александрийского, который жил и работал веком позже Витрувия. На самом деле точных сведений о биографии Герона нет, а наиболее обоснованная версия, что он жил в первом веке нашей эры, опирается на попытки датировать описанные им лунные затмения (точность тут составляет буквально плюс-минус двести лет). Косвенным подтверждением также может выступать описываемый Героном уровень развития техники. В его произведениях «Пневматика», «Об автоматах», «Беллопэтика» и «О диоптре» рассмотрено множество хитроумных устройств: механизм для открывания дверей, пожарный насос, водяной орган, различные военные машины, геодезические приборы и даже небольшая паровая турбина. Подобное разнообразие сложных приспособлений наиболее ожидаемо встретить именно в период расцвета Империи.

Научное наследие Герона чрезвычайно обширно – он писал работы по математике, физике, технике и архитектуре, создавая понятные и доступные для всех энциклопедии, позволяющие как приобщиться к научной мудрости, так и полу-

читать полезные практические советы. Слава Герона-инженера была огромной. В своем труде «Механика» он постарался собрать воедино все известные на тот момент технические сведения. Хотя трактат и носит в основном прикладной характер (во многом это просто отражение запросов времени), но, поскольку автор работал не в Риме, а в эллинистическом Египте, то греческая наука включена в текст чуть более органично, чем это получилось у Витрувия. Впрочем, большинство положений дается безо всяких доказательств, как готовый результат, уже обоснованный другими авторами, чей авторитет не подвергается сомнению. Сама «Механика» дошла до нас лишь в арабском переводе и состоит из трех малосвязанных и разнородных по содержанию книг, лишенных какой-либо традиционной для античности вводной части, где разъяснялись бы цели и методы работы автора. Хотя, быть может, введение просто не сохранилась.

В первой книге, составленной из множества различных источников, Герон приводит основы механики как науки, но делает это плохо, поскольку не понимает самой сути строгих научных построений, а все теоретические положения принимает догматически, поскольку они уже разобраны «древними». Вместо перечисления аксиом и постулатов книга начинается описанием лебедки с зубчатым зацеплением, а затем следуют некоторые вопросы, плохо и нечетко переписанные из «Механических проблем». Также приводится достаточно запутанный, но вполне рабочий способ геометрического по-

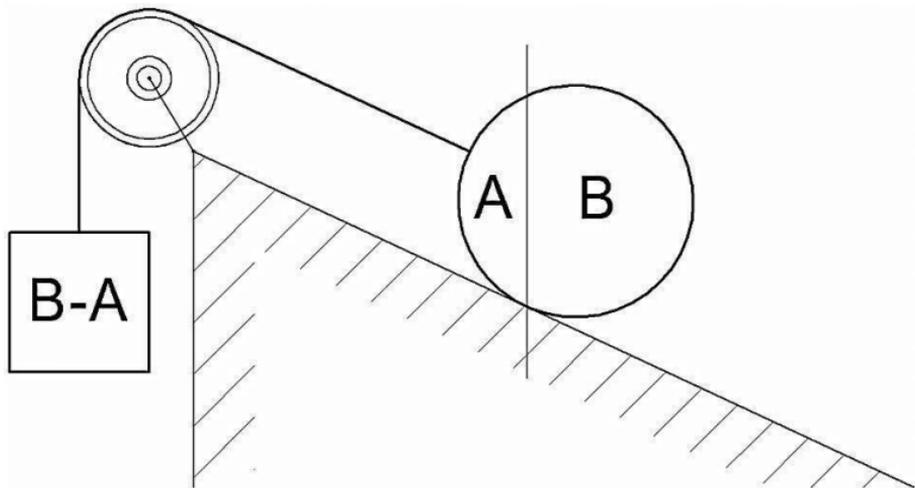
строения зубцов шестерни для сцепления в червячной передаче.

Лишь в самом конце первой книги мы встречаем по-настоящему новые и оригинальные мысли. Так, подвергается сомнению общепринятое в античности мнение, что покоящийся на земле груз можно привести в движение лишь силой эквивалентной его весу. На самом деле, заявляет Герон, эта сила может быть очень малой. В самом деле, если хоть немного наклонить плоскость, на которой лежит груз, то он начнет скатываться вниз, если только ничто его не подпирает. Таким образом, чтобы оставаться на месте, телу требуется именно подпирающая сила, а вот для движения вниз никакая сила не нужна, ведь это просто естественный процесс. Несложно понять, что чем меньше угол наклона, тем меньшая подпирающая сила нужна, чтобы удерживать груз в равновесии. Если же подпирающая сила окажется хоть немного больше нужной, то тело станет двигаться уже в обратном направлении, то есть – вверх. На горизонтальной же плоскости груз уже пребывает в равновесии и ничем не удерживается, но гипотетически готов наклониться в любом направлении, поэтому нужна лишь незначительная сила, чтобы заставить его двигаться.

Как несложно понять, всё приведенное доказательство исходит из того, что груз обязательно является равномерным и гладким. В реальности же, поясняет Герон, у соприкасающихся тел всегда имеются шероховатости, которые зацепля-

ются подобно зубчатым колесам, отчего и создается некоторое сопротивление движению. Влияние сил трения, однако же, никак не исследуется.

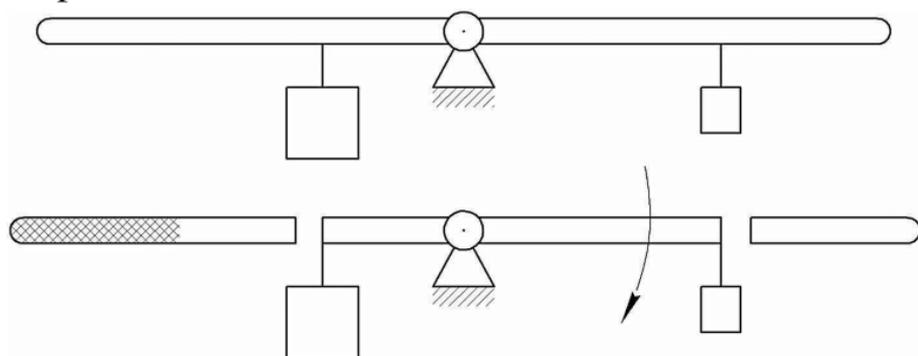
Далее идут некоторые рассуждения о том, почему тело вообще скатывается по наклонной поверхности. Дело в том, отвечает Герон, что если провести через точку касания вертикальную плоскость, то она поделит тело на две неравные части, причем большая из них (обозначена как В на нашем чертеже) будет находиться ниже меньшей (обозначена как А на нашем чертеже) и потянет все тело вниз. Чтобы остановить движение, необходимо, по мнению Герона, подвесить с противоположной стороны тяжесть, равную разностью между В и А. Данные соображения носят исключительно описательный характер, влияние угла наклона никак не исследуется, объекты сложной формы не рассматриваются, никаких математических законов равновесия на наклонной плоскости не выводится.



Отдельно разбираются понятия центра подвешивания и центра тяжести. О первом говорится, что это такая точка, подвешивание за которую оставляет систему в равновесии. При этом Герон, похоже, не понимает, что эта формулировка, по сути, и определяет центр тяжести, который почему-то полагается чем-то иным, а именно – точкой пересечения вертикальных плоскостей, идущих от всевозможных мест подвешивания тела. Приводится даже сложное доказательство того, что в любом теле существует только один центр тяжести: тело много раз мысленно поворачивается и делится на равные части вертикальной плоскостью, после чего показывается, что предположение о пересечении данных плоскостей в различных точках приводит к абсурду. Суть доказательства вполне эллинистическая, но по форме оно дано не в виде последовательных аксиом и теорем, а в нечетком и

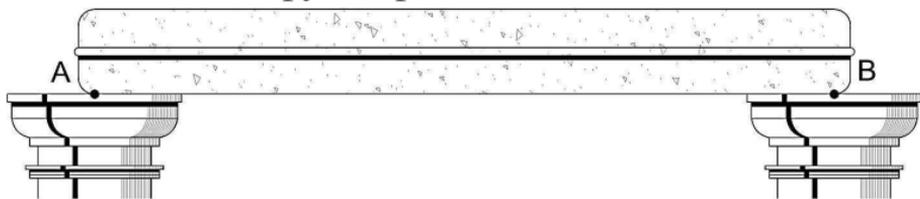
сжатом изложении. Скорее всего, это место было переписано у Архимеда, которого Герон понял неудовлетворительно.

Закон рычага у Герона формулируется кратко, буквально одним предложением, зато дополнительно дается несколько интересных пояснений. В том числе отмечается, что реальный рычаг сам имеет некоторый вес, поэтому нельзя буквально понимать условие обратной пропорциональности между длиной плеч и весом грузов. В самом деле, предположим, что два различных груза уравновешены на физических весах, как это показано на чертеже. Если теперь отрезать те части весов, которые выступают за точки подвеса, то равновесие нарушится (действительно, от уравновешенной системы отсекли слева больше массы, чем справа), хотя расстояние между грузами и точкой опоры не изменилось. Это, чрезвычайно остроумное доказательство, к сожалению, никак не развивается – Герон даже не пытается сформулировать математические соотношения равновесия для физического рычага.



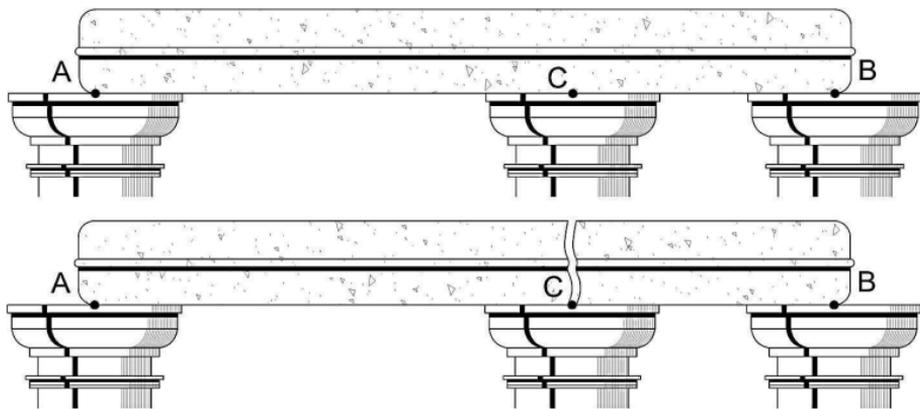
# Статика сооружений у Герона

Наиболее же интересный раздел первой книги «Механики» посвящен статике сооружений и составлен со ссылкой на несохранившийся трактат Архимеда «Об опорах» (Герон прямо пишет, что из первоисточника взяты лишь вопросы, касающиеся количественных измерений, поскольку именно это требуется учащимся по его трактату). Рассматривается проблема распределения веса горизонтальной балки на несколько подпирающих ее колонн. С самого начала без всякого доказательства полагается очевидным, что равномерная балка, лежащая своими концами на двух колоннах, нагружает каждую из них половиной своей тяжести. В самом деле, если принять вес балки за  $P$ , то на точки А и В приходит одинаковая нагрузка, равная  $P/2$ .



Далее Герон усложняет задачу и рассуждает следующим образом. Если поместить между двумя колоннами третью, то для вычисления нагрузок необходимо мысленно разрезать балку над каждой точкой опоры. Поскольку в таком слу-

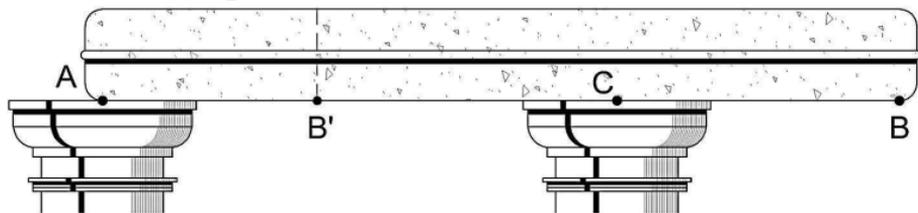
чае никаких дополнительных перемещений не произойдет, то и распределение тяжести останется прежним. Теперь задача сводится к предыдущему случаю: мы имеем балки АС и СВ, каждая из которых опирается концами на две колонны. Поэтому, согласно Герону, левая колонна воспримет нагрузку  $P_{AC}/2$ , центральная – нагрузку  $P_{AC}/2 + P_{CB}/2$ , а правая – нагрузку  $P_{CB}/2$ . Иными словами, на центральную колонну, где бы она ни располагалась, придет половина от веса балки, а его вторая половина распределяется между крайними колоннами в соответствии с отношением длин СВ/АС. Данное рассуждение затем распространяется Героном на любое число колонн.



Предложенное решение задачи с тремя колоннами абсолютно неверно, ведь после разрезания балки в ней полностью меняется распределение внутренних сил. В общем случае системы такого рода (если опор более двух) являются статически неопределимыми и не могут быть рассчитаны без

учета деформирования элементов конструкции. Поскольку иных античных источников по данной теме не сохранилось, то нет никакого способа определить, кто именно – Архимед или Герон – допустил тут ошибку.

Также неверно Герон рассуждает и тогда, когда рассматривает балку, конец которой выступает за одну из колонн. Поначалу ход рассуждений, в общем-то, верен. Предположим, что балка размещена на опорах А и С, тогда вес  $P_{CB}$  должен уравновеситься равным ему весом  $P_{B'C}$  левой части балки. Весь этот вес  $2 \cdot P_{CB}$  будет восприниматься колонной С. Оставшийся же вес  $P_{AB}$  необходимо каким-то образом разделить между обеими колоннами, и Герон ошибочно распределяет его поровну, хотя отлично знает закон рычага и вполне мог бы отнести на каждую из опор такую часть от груза, которая была бы обратно пропорционально расстоянию до его центра тяжести.



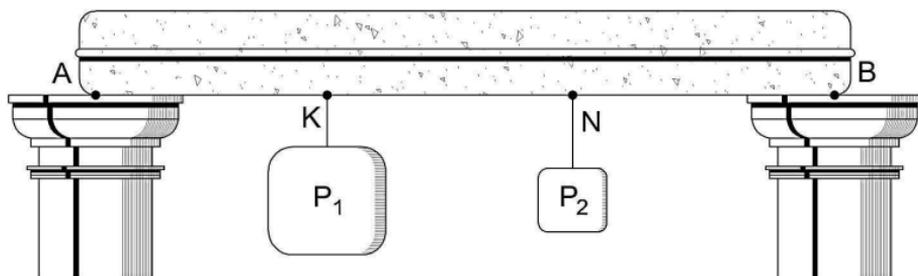
Еще более удивительно, что рассматривая балку, на которой подвешены различные дополнительные грузы, Герон вдруг вспоминает про закон рычага и дает совершенно правильное решение. Пусть на балке весом  $P$  подвешены грузы  $P_1$  и  $P_2$ . Тогда в современных обозначениях на колонну А

приходит нагрузка равная

$$\frac{P}{2} + P_1 \cdot \frac{KB}{AB} + P_2 \cdot \frac{NB}{AB}$$

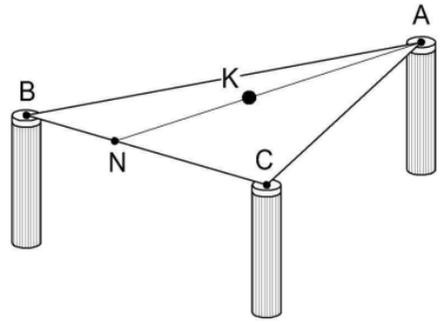
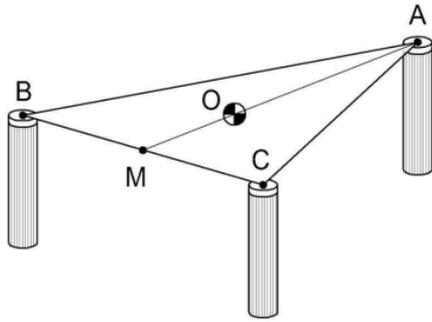
а на колонну В приходит нагрузка

$$\frac{P}{2} + P_1 \cdot \frac{AK}{AB} + P_2 \cdot \frac{AN}{AB}$$



Интересно, что Герон умеет решать даже пространственные задачи. Когда требуется определить нагрузки, приходящие на колонны, подпирающие вершины треугольника, предлагается следующий порядок действия. Вес  $P$  треугольника ABC (левый чертеж) можно полагать сосредоточенным в его центре тяжести O, то есть на  $1/3$  длины медианы AM, если считать от основания BC. В соответствии с законом рычага на опору A придет тяжесть равная  $P/3$ , а на точку M придет тяжесть  $2 \cdot P/3$ . Поскольку  $BM = MC$ , то тяжесть из точки M распределится между опорами B и C поровну, то есть на каждую из них тоже придет нагрузка равная  $P/3$ . Та-

ким образом, получен абсолютно правильный вывод: каким бы не был треугольник, но опоры в вершинах всегда воспринимают одинаковую нагрузку.

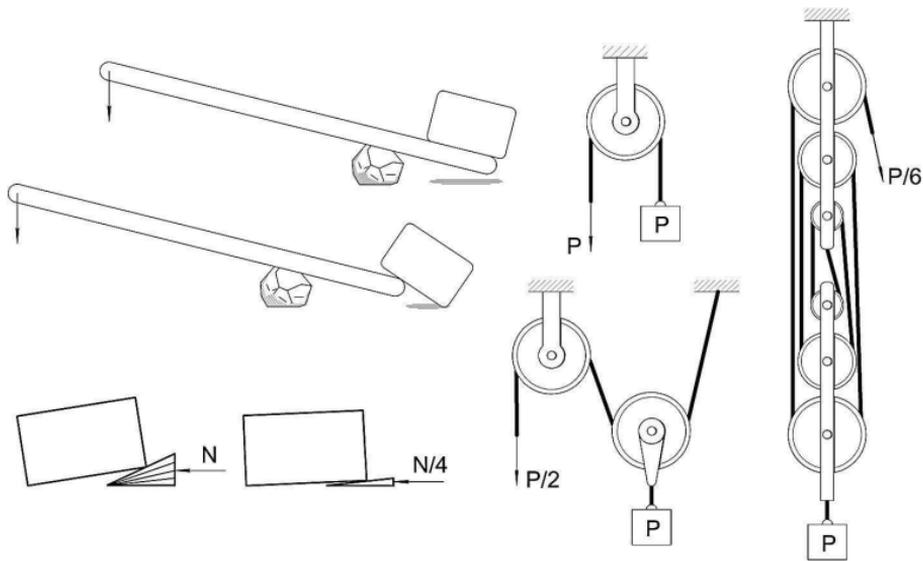


Отдельно рассматривается случай, когда в любом месте треугольника (точка К на правом чертеже) расположен произвольный груз весом  $Q$ . В данном случае Герон рассуждает так. Проведем прямую через точку К и одну из вершин треугольника. В таком случае, очевидно, на опору А придет нагрузка  $Q \cdot NK/NA$ , а на точку N придет вес  $Q \cdot KA/NA$ . Далее легко увидеть, что на опору В приходится тяжесть  $Q \cdot (KA/NA) \cdot NC/BC$ , а на опору С – тяжесть  $Q \cdot (KA/NA) \cdot BN/BC$ .

# Расчет сложных механизмов у Герона

Вторую книгу «Механики», – где рассматриваются пять основных механизмов, позволяющих перемещать грузы малой силой: ворот, рычаг, блок, клин и винт, – Герон, вероятно, почти целиком заимствовал из какого-то одного источника, поэтому она изложена достаточно стройно, однако в ней еще яснее проявляется теоретическая беспомощность автора. Сперва даются краткие описания всех указанных приспособлений, а затем предпринимается попытка объяснить сущность их действия. Никаких хотя бы условно научных соображений мы, однако же, не увидим. Так, например, заявляется, что и рычаг, и ворот имеют в себе две окружности с различными диаметрами, а такой случай, как доказал еще Архимед, равнозначен весам, равновесие в которых достигается если грузы обратно пропорциональны расстояниям до точки опоры. Таким образом, рычаг объясняется через круговое движение, свойства которого определяются через весы, то есть, фактически, через закон рычага. Весьма характерно, что Герон не видит в своих рассуждениях никакого порочного круга. Впрочем, сама по себе работа всех пяти разбираемых механизмов описана, в общем-то, правильно: Герона никак нельзя упрекнуть в некомпетентности касательно практических вопросов.

Отдельно разбираются случаи, когда с помощью рычага поднимают груз целиком и когда одним своим краем он остается лежать на земле. Далее, совершенно правильно указывается, что неподвижный блок не дает выигрыша в силе, а при использовании подвижного блока на рабочий трос достаточно приложить силу равную половине от поднимаемой тяжести. Также для полиспаста второго рода (тали) выводится следующее правило: рабочая сила определяется отношением тяжести груза к числу подымающих его тросов. Все эти абсолютно верные заключения, вероятно, получены в первую очередь из практического опыта, поскольку теоретическое обоснование работы блока выполнено неудовлетворительно. Герон понимает, что необходимо определить условия равновесия подвешенного груза, но скорее подгоняет решение под заранее известный ответ, а не решает задачу. Иные более простые виды полиспастов почему-то не разбираются вовсе.



В случае клина Герон вообще очень смутно представляет себе, что именно ему нужно доказывать, поэтому ни о каком законе равновесия тела на наклонной плоскости речи не идет. Заявляется, что если некоторый клин можно подвинуть заданной силой  $N$  на определенное расстояние  $S$ , то всегда можно разделить этот большой клин на несколько малых клиньев, у которых будет такая же длинна, но меньшая высота. И во сколько раз высота малого клина будет меньше высоты большого, во столько же раз меньшая сила потребуется, дабы загнать малый клин на такое же расстояние  $S$ . Иными словами, клин с очень малым углом можно подвинуть хоть на какое-то расстояние сколь угодно ничтожной силой. Этот вывод верен лишь качественно, но для малых углов раствора, какие обычно и встречаются на практике, количествен-

ная точность оказывается достаточно удовлетворительной, ведь в таком случае угол  $\alpha \approx \sin(\alpha)$ .

Отметим, как легко в данном случае Герон отступился от теории кругового движения, ведь на самом деле ему (хоть он и заявляет обратное) совсем неинтересно проникать в сущность рассматриваемых явлений и связывать их в цельную основанную на единых принципах картину мироздания, как это делал автор «Механических проблем». Перед Героном стоит задача дать хоть какое-то объяснение известному из ремесленного опыта факту, и потому приводится самое простое и почти беспомощное доказательство, которое может послужить практическим целям.

Поскольку винт описывается как накрученный на цилиндр клин, то и объяснение его работы сводится к уже известным нам соображениям, только движение тут вызывается не ударом, а вращением от рычага.

Завершив описание пяти простых механизмов, Герон переходит к системам зубчатых колес, то есть воротов, заем – к сложным комбинациям блоков и рычагов, а также соединениям нескольких разнородных механизмов. Для всех случаев показывается, что выигрыш в силе всегда сопровождается равнозначными потерями в скорости. Более того, делается важное замечание, касательно того, что на практике все прилагаемые к машинам силы необходимо несколько увеличивать по сравнению с расчетными значениями, поскольку в любых механизмах присутствует трение.

Последняя третья книга «Механики» является самой краткой, но и самой важной. В ней описывается конструкция различных строительных машин, а также прессов для масла и вина. Изложение не содержит никаких теоретических или геометрических элементов, хотя рассматриваемые механизмы достаточно сложны и, безусловно, подразумевалось, что ученики и последователи Герона будут создавать эти конструкции на основе прочитанного текста.

Греческая философия, ввиду своей отвлеченности и, разумеется, неверности, оказалась уже совершенно неприменимой к реальной технике, которую римляне использовали для активного преобразования окружающего мира. Громоздкая и абстрактная эллинистическая наука, пожалуй, даже в свои лучшие времена не смогла бы дать правдоподобных разъяснений к тем сложнейшим механизмам, которые рассматривает Герон. Требовалось пересмотреть саму суть теоретического подхода, и построить новую механическую систему на основе работающих практических критериев. Римское общество, однако, было нацелено сугубо на материальный результат и потому вполне довольствовалось поверхностными объяснениями, наспех собранными из отдельных кусков старой греческой учености.

# Попытки сохранить античное наследие. Папп Александрийский

Несколько иную попытку соединить древнюю мудрость и современную практику мы встречаем и в последней античной книге, к которой обратимся в этой главе – в «Математическом собрании» Паппа Александрийского. О биографии этого ученого практически ничего неизвестно, а годы его жизни весьма условно относят к концу III и первой половине IV веков нашей эры. От Герона его отделяло почти триста лет, а от Архимеда – более половины тысячелетия. Будучи, несомненно, весьма талантливым математиком, Папп не занимался архитектурной или инженерной деятельностью, а потому почти не понимал, чем именно греческая абстрактная философия может быть полезна в реальной жизни. Империя неумолимо клонилась к своему закату, и недостижимыми уже казались не только идеалы строгой эллинской науки, но даже и ранней римской механической теории. В своем грандиозном трактате Папп, как и другие энциклопедисты той эпохи, постарался собрать и сохранить всё доступное ему античное математическое наследие.

Текст «Математического собрания» дошел до нас не полностью, но основная его часть сохранилась. О многих достижениях (в том числе и несохранившихся) других антич-

ных авторов нам известно только лишь из этого сочинения, снабженного, кроме прочего, и некоторыми историческими справками. Первые семь книг трактата охватывают чисто математические вопросы, достаточно трудные и взятые в основном из более ранних работ, хотя приводятся и отдельные результаты самого Паппа. Нужно признать, что масштаб и глубина рассмотренных проблем говорят о незаурядных способностях автора: многие теоремы были им дополнены, а доказательства улучшены и упрощены, но без потери строгости. Совсем иначе выглядит посвященная механике восьмая книга «Математического собрания», где наглядно проявляются как отсутствие единой научной системы, так и слабая компетентность Паппа.

Вводный параграф восьмой книги говорит о том, что механика сама по себе рассматривает непосредственно материю, изучая положение тел и исследуя причины естественных движений, а также движений, осуществляемых против природы. За этим вполне аристотелевским определением следует перенятая у Герона классификация, подразделяющая механику на теоретическую (геометрия, арифметика, астрономия, физика) и практическую (обработка металлов и дерева, строительные умения и живопись). Далее Папп справедливо отмечает, что каждый желающий овладеть перечисленными техническими искусствами должен усвоить необходимые именно для него разделы математики, поскольку изучить всю геометрию и одновременно стать хорошим ин-

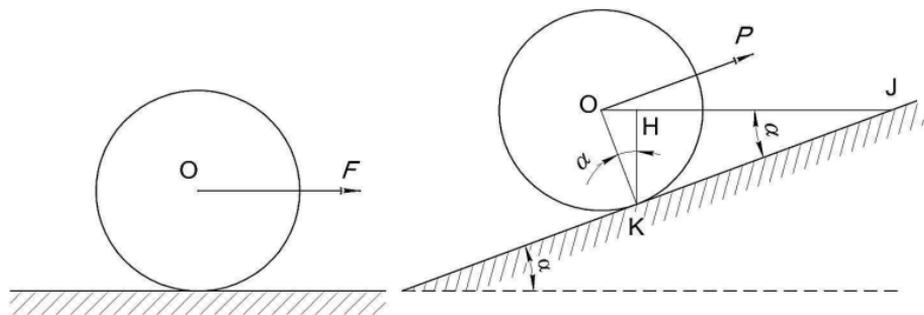
женером не под силу ни одному человеку.

Изложение собственно механики начинается с учения о центре тяжести, который определяется как точка внутри тела, при мысленном подвешивании за которую это тело сохраняет свое положение. Далее по большей части повторяется текст Герона со ссылкой на несохранившуюся работу Архимеда «О равновесии». Общие метафизические определения понятий «тяжесть», «легкость», «верх» и «низ» не рассматриваются вовсе, а сообщается лишь, что обо всем этом можно прочесть у Птолемея. Весьма характерно, что Папп с одной стороны не считает необходимым касаться абстрактных философских вопросов, а с другой – отсылает всех интересующихся не к первоисточникам, но к трудам другого работавшего в Александрии энциклопедиста.

Наиболее же интересной и оригинальной у Паппа является задача о подъеме тела по наклонной плоскости. Рассмотрение этой проблемы у Герона выполнено совершенно неудовлетворительно безо всякого математического анализа, поэтому представляется особенно любопытным, насколько в этом вопросе продвинулись античные механики за последующие три века. Здесь нас сразу же ждет разочарование: по непонятной причине Папп полагает, что для движения по горизонтальной поверхности к телу необходимо приложить силу пропорциональную его весу и явно несводимую к трению. Это тем более удивительно, что ложность данного тезиса, как мы уже знаем, была убедительно обоснована еще

Героном, у которого Папп кропотливо переписывал целые разделы. Сложно сказать, в чем тут причина: в недостаточном непонимании физического явления или же в использовании иного источника, но предлагаемое Паппом решение оказывается полностью ошибочным, хоть и выглядит достаточно научнообразно. Само рассуждение ведется (в современных обозначениях) следующим образом.

Пусть имеется некоторый вес  $M$ , который может быть движим по горизонтальной плоскости силой  $F$ . Также имеется подобная плоскость, наклоненная к горизонту под углом  $\alpha$ . Необходимо определить, силу  $P$ , которая сможет поднять груз по наклонной плоскости.



Для дальнейших построений Папп заменяет тело аналогичным по весу шаром, центр которого  $O$  совпадает с центром тяжести исходного груза. Шар касается наклонной плоскости в точке  $K$ . Проведем перпендикуляр  $KO$ , затем – горизонтальный отрезок  $OJ$  и вертикальный отрезок  $KN$ . Легко доказать, что все прямоугольные треугольники на чертеже подобны, и, поскольку нам известен угол  $\alpha$  и радиус ша-

ра КО, то мы знаем и все остальные стороны. Далее предполагается безо всяких доказательств, что если шар находится в равновесии на наклонной плоскости, то его можно полагать уравновешенным на рычаге ОJ с точкой опоры Н (это просто-напросто неверно). Из закона рычага следует, что на J необходимо разместить груз  $M1$  равный

$$M1 = M \cdot \frac{OH}{HJ}$$

Постулируется, что дополнительная сила  $N$ , эквивалентная грузу  $M1$  (то есть отвечающая за удержание тела на наклонной плоскости), пропорциональна весу этого груза и поэтому имеем также

$$N = F \cdot \frac{OH}{HJ}$$

Тогда для движения по наклонной плоскости необходима итоговая сила

$$P = F + N = F + F \cdot \frac{OH}{HJ} = F \cdot \left(1 + \frac{OH}{HJ}\right)$$

Очевидно, Папп полагает, что сила  $P$  складывается из части, которая отвечает за само движение по плоскости (компонент  $F$ ), и части, которая позволяет удержать тело на наклонной плоскости (компонент  $N$ ).

Как легко убедиться, приведенное выше соотношение противоречит и опыту и здравому смыслу. В самом деле, при

$\alpha = 0^\circ$  получаем  $OH = 0$  и  $HJ = \infty$ , откуда  $P = F$ , что соответствует начальным условиям. Однако для  $\alpha = 90^\circ$  (фактически это просто вертикальный подъем тела вдоль стены) получим  $OH = OK$  и  $HJ = 0$ , поэтому сила  $P$  окажется бесконечно большой, что абсурдно, ведь очевидно, что в данном случае необходима сила равная весу груза  $M$  (данная величина вообще не присутствует в приведенном выражении). Фактически, рассмотренное доказательство пытается лишь внешне уподобиться стилю Архимеда, тогда как на самом деле не поддается даже элементарной проверке.

Классическое решение рассматриваемой задачи выглядит так (не будем рассматривать трение качения, ограничившись случаем скольжения тела по поверхности, о котором на самом деле и говорит Папп). Для движения по горизонтальной плоскости к телу массой  $M$  (напомним, что греки не различали массу тела и его вес) необходимо приложить силу

$$F = M \cdot g \cdot \mu$$

где  $\mu$  – коэффициент трения скольжения.

Если то же самое тело необходимо поднять по плоскости, наклоненной к горизонту на угол  $\alpha$ , то в этом случае требуется сила

$$P = M \cdot g \cdot \mu \cdot \cos(\alpha) + M \cdot g \cdot \sin(\alpha)$$

Здесь первое слагаемое отвечает за сопротивление тре-

нию, а второе – за ту часть веса тела, которую требуется поднимать вверх. Очевидно, что по мере роста угла  $\alpha$  влияние трения уменьшается, а часть поднимаемого веса увеличивается.

Формулу Паппа, напротив, можно после несложных тригонометрических преобразований записана как

$$P = M \cdot g \cdot \mu \cdot \frac{1}{\cos^2(\alpha)} = \frac{F}{\cos^2(\alpha)}$$

причем использование коэффициента трения представляется не совсем правомерным, ибо сила  $F$  напрямую с трением не связывалась.

Закончив разбирать задачу равновесия тела на наклонной плоскости, Папп описывает далее подъемный механизм, состоящий из множества осей с насаженными на них шестернями различных диаметров. Даются соотношения для расчета такого рода передач, после чего следует числовой пример. Чуть дальше показывается, что скорости сцепленных шестерней находятся в прямой пропорции с числом их зубьев, а также решается задача о подборе диаметра шестерни под требуемую передачу. Затем следует описание и способы изготовления червячного зацепления.

Таково в общих словах содержание механической составляющей «Математического собрания» Паппа Александрийского, который уже не имел ни стройной философской си-

стемы, подобно Аристотелю, ни страсти к математической и физической строгости, как у Архимеда, ни даже живого технического интереса, который столь явственно читается у Витрувия и Герона. Цель Паппа – собрать и спасти (а также дополнить в меру собственных сил) наиболее ценные научные результаты античного мира, закат которого едва ли осознавался, но, несомненно, предчувствовался всеми думающими людьми.

# Почему греки не смогли создать теоретическую механику

Механическое мышление античности неизменно следовало за эволюцией общества, как в зеркале отражая все его особенности. Уже древние философы пытались свести немногие знания, полученные из наблюдений за простейшими и примитивными приспособлениями, в единую космологическую систему. Постепенно на базе рабовладельческого общества складываются чисто спекулятивные теоретические концепции, в которых учения о механизмах играют далеко не главную, а скорее подчиненную роль. В эпоху наивысшего расцвета (и заката) Эллады создаются канонические работы Аристотеля, которые на века и даже тысячелетия закрепляют этот констатирующий взгляд на механику (и науку в целом). Представитель рабовладельческой верхушки, убежденный, что единственным достойным занятием свободного человека является интеллектуальный труд ради собственного удовольствия, Аристотель дает стройную и завершенную картину мироздания, отвечающую строгим эстетическим и логическим требованиям. Результат оказался грандиозным, привлекательным и обманчиво наукообразным. У него имелся, пожалуй, лишь один серьезный недостаток – он был неверен. Древнегреческое общество знало лишь прими-

тивную технику и почти не зависело от нее, а всеми необходимыми вещами – как то строительство кораблей или сооружение зданий – занимались ремесленники, которые обычно имели низкий социальный статус, не писали и не читали философских книг. Законы перипатетической механики не получали проверки практикой, а их критика если и имела место, то носила такой же спекулятивный характер.

Возникновение крупных монархий и перенос центра античной культуры из Эллады на Восток и африканское побережье, изменили характер греческой механики – она превращается в математически точную науку, стремящуюся вывести все свои положения из нескольких самых простых тезисов, которые хоть и перенимаются из практики, но формулируются как полностью отвлеченные геометрические аксиомы. У Архимеда эта евклидова строгость достигает своего апогея, превзойти который человечество не сможет еще две тысячи лет. В XVI веке, когда создавалась современная наука, на этот формализм смотрели с благоговением, и он давал невероятные результаты, однако в эпоху эллинизма все изощренные построения Архимеда не имели практического значения. Да, и он, и многие другие александрийские ученые занимались созданием сложных механизмов, которые могли даже иметь не только развлекательное, но и вполне реальное практическое применение, однако именно этот технический опыт и служил источником для новых теоретических изысканий, но сами они почти не использовались для

воздействия на природу и практику. Более того, трудно говорить даже о новых теоретических результатах, поскольку отточенный метод геометрических доказательств использовался в основном для безупречного обоснования уже готовых решений, полученных иными не столь совершенными средствами. Новые идеи черпались из техники, но обратно в нее не возвращались, и она развивалась как бы сама собой, методом проб и ошибок, а также за счет смекалки и гениальности отдельных мастеров.

Эллинистическая механика все еще базировалась на фундаменте Аристотеля, но ее формальные методы оказались столь совершенными, что могли бы дать действительно богатые плоды, если бы оказались созданы в иных исторических условиях. В реальности же античная наука выродилась в безукоризненно точную систему геометрических спекуляций, стремящихся дать этому миру не только философское, но и математическое описание. Это проявляется еще и в том, что в основе механики Аристотеля, как и почти всей древнегреческой мысли, лежит понятие движения, объясняющее и космические, и физические, и социальные процессы, тогда как учение Архимеда и почти всех александрийцев в основном статично.

Для античного мировоззрения было совершенно естественным полагать, будто бы наука должна оставаться «чистой», но все же греческая мысль остро нуждалась в жесткой проверке практикой, которая дала бы, наконец, надежные

критерии истины. Увы, но это могло стать нормой лишь при иных более прогрессивных социальных отношениях, когда занимающийся наукой человек одновременно видит свою выгоду и престиж не только лишь в объяснении мира, но и в способности управлять им. Пришедший на смену эллинизму римский мир оказался не таков. Будучи еще более жестокими рабовладельцами, чем греки, римляне одновременно с этим полагались на дороги, мосты, краны, прессы, водяные колеса, корабли и стенобитные орудия. А вот изящная греческая ученость оказалась малополезна для прагматичных римлян: они неумело пытались приспособить ее к своей технике, но делали это скорее из восхищения древними, чем из какой-то реальной необходимости. На самом деле такой необходимости не могло возникнуть, ведь лишь немногие из филигранных эллинских шедевров могли действительно принести какую-то ощутимую пользу. В целом же античная механика требовала полной фундаментальной переработки, которая не могла быть осуществлена римлянами. Витрувий компетентен и по-хозяйски точен, но приземлен, Герон по-настоящему разбирается лишь в своих машинах, а Папп хоть и способен понять Евклида с Архимедом и даже добавить к их наследию крупицу своего творчества, но совершенно лишен физического чутья и бессильно повторяет ошибочные тезисы псевдо-Аристотеля.

Лишь перенос разработанных эллинами методов и результатов на иную историческую почву позволил в результате

создать классическую механику. До этого момента, однако, оставалось еще много веков.

# ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ. УГОЛ ЗРЕНИЯ

## Теории греков о зрении и свете

Существовала, впрочем, одна научная область, изучение которой шло непрерывно на протяжении как эллинистического, так и римского периода античности. Речь идет об оптике, которая с одной стороны имела определенное практическое значение, а с другой – идеально подходила для исследования средствами греческой математики. Собственно, до Нового времени никакой иной оптики, кроме геометрической, человечество не знало.

Первыми известными нам сочинениями по данному вопросу являются «Оптика» и «Катоприка» Евклида. На самом деле авторство второго трактата вызывает сомнения, но его текст в любом случае не сохранился. В полном соответствии с правилами классической греческой науки, обе книги начинаются с «самоочевидных» постулатов, за которыми следуют постепенно усложняющиеся теоремы, доказательства которых строятся с опорой на чертежи. Фактически в «Оптике» излагается теория перспективы, а в «Катоприке»

рассказывается о зеркальных отражениях. Высокий уровень этих произведений дает основания предполагать, что они, как и «Начала», создавались на основе каких-то иных более ранних работ, посвященных тому, как человеческий глаз воспринимает предметы.

Здесь необходимо сразу же сказать, что начиная с Эмпедокла, у эллинов стала популярной следующая концепция, объясняющая сам феномен зрения. Якобы, внутри глаза содержится огонь, который может вылетать через крошечные отверстия в зрачке и двигаться строго прямолинейно сквозь поры воздуха или воды. Встретив на своем пути твердую непрозрачную преграду, такой огонь отражается от нее и возвращается обратно в глаз человека. Таким образом, получается, что из глаз входят некие зрительные лучи, которые будто бы ощупывают окружающий мир. Данное учение сразу же вызвало немало возражений, но, тем не менее, осталось довольно популярным, поскольку позволяло применить к оптике методы геометрии.

Сам факт возможности глубокого геометрического анализа физических явлений должен говорить в пользу того, что принятая теория не являлось для своего времени беспомощной или нелепой. Греки почти ничего не знали об устройстве глаза, равно как не умели получать действительных изображений с помощью оптических устройств, поэтому толкование зрения по аналогии с осязанием казалось вполне разумным. Тем более что гипотеза об исходящих из глаза лучах

позволила построить сложную теоретическую систему, дающую верные количественные выводы, а это, как мы уже знаем, само по себе было огромным достижением для спекулятивной и описательной (то есть качественной) античной науки.

Впрочем, постоянно возникали и другие, не получавшие широкого распространения толкования природы зрения. Кроме собственно теории зрительных лучей, можно выделить следующие объяснения:

- атомистическая теория Демокрита и Эпикура;
- теория Платона о взаимодействии зрительных и внешних лучей;
- концепция Аристотеля о посредничестве прозрачной среды;
- теория стоиков о воздушном напряжении;
- соображения неоплатоников о психическом дальнодействии (о телепатии).

Атомисты считали зрительные лучи вздорной фикцией, а их мнение по данному вопросу известно нам от Лукреция, который хоть и приписывал свету корпускулярную природу, но при этом говорил о призраках, слетающих с поверхностей всяких объектов и реющих затем повсюду. Весьма сомнительно, что на базе подобных воззрений можно построить хоть сколько-нибудь внятную математическую теорию.

Платон полагал, что мы видим предметы благодаря тому, что лучи дневного света встречаются с лучами бьющего из

наших глаз внутреннего огня. От возникшего соударения в глаз передается упругое давление, которое затем и распознается нами как изображение какого-либо объекта. С геометрической точки зрения это объяснение ничем не отличается от взглядов Евклида.

Аристотель решительно отвергал любые представления о зрительных лучах, утверждая, что свет не есть истечение из другого тела, но и не огонь, а лишь актуализация прозрачной среды за счет присутствия в ней огня. Впрочем, этот вопрос рассмотрен у Аристотеля очень скупо, и потому его мнение не было понято и принято современниками.

Отдельно нужно отметить достаточно оригинальное мнение стоиков, полагавших, что до предметов доходят не сами зрительные лучи, но лишь их воздействия (колебания) на промежуточный воздух. Данная «волновая» теория, пожалуй, могла бы оказаться весьма перспективной, если бы стоики по-настоящему серьезно продолжали заниматься вопросами естествознания, а не сместили свои интересы в сторону этики.

В действительности же во всех античных текстах, где встречается хотя бы мало-мальски научный или инженерный подход к вопросам оптики, мы встречаем только и исключительно теорию об исходящих из глаз лучах. Далее в этой главе, разбирая геометрические теоремы, мы не станем делать различий между истинными лучами света и зрительными лучами древних греков, как зачастую не делали этих раз-

личий и они сами.

## «Оптика» Евклида

Евклид, без всякого сомнения, придерживался эмпедокловской концепции, поскольку семь постулатов его «Оптики» формулируются следующим образом:

1. Исходящие из глаза прямые лучи расходятся в бесконечность.

2. Исходящие из глаза зрительные лучи образуют конус, вершина которого расположена в глазу, а основание – на поверхностях видимых объектов.

3. Мы видим лишь те объекты, на которые падают зрительные лучи, а все прочие объекты мы не видим.

4. Видимые под большими углами объекты кажутся нам больше тех, которые видимы под меньшими углами. Объекты, видимые под равными углами, кажутся нам одинаковыми по размеру.

5. Объекты, охватываемые верхним лучом зрения, кажутся нам выше, а охватываемые нижним лучом зрения – ниже.

6. Аналогично, объекты, охватываемые правым лучом зрения, кажутся нам правее, а охватываемые левым лучом зрения – левее.

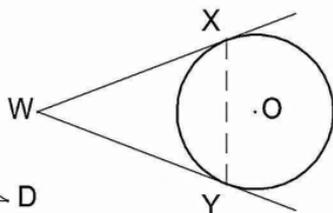
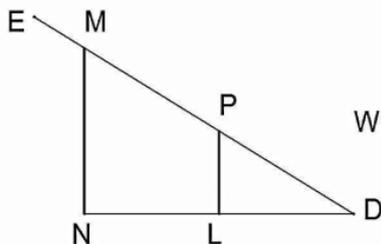
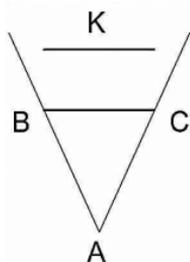
7. Чем больше зрительных лучей падает на объект, тем отчетливее он виден.

На основании этих действительно очевидных и, несо-

мненно, взятых из опыта положений делается множество нетривиальных выводов о том, как именно мы видим различные предметы, в каких случаях они кажутся нам больше или меньше, как меняется наше восприятие при движении, а также исследуются вопросы остроты зрения и измерения расстояний. Рассмотрим для примера несколько таких теорем Евклида, чтобы читатель мог получить представление о том, чем в действительности являлась греческая оптика.

*Положение 3. Любой видимый объект можно отдалить настолько, что он станет неразличим для глаза. Пусть глаз находится в точке А, а лучи зрения АВ и АС являются двумя ближайшими друг к другу. Рассмотрим объект К. Если К расположен дальше, чем отрезок ВС, то ни один из лучей зрения не попадет в К, а, значит, согласно постулату 3, такой предмет мы не увидим.*

Здесь по умолчанию предполагается, что из глаза выходит ограниченное число зрительных лучей, количество которых, очевидно, определяется отверстиями в зрачке.



*Положение 18. Если погода солнечная и необходимо*

узнать высоту объекта, то следует поступать следующим образом. Пусть требуется узнать высоту  $MN$ . Расположим глаз  $D$  так, чтобы луч солнца  $ED$  проходил через вершину объекта  $M$ , и тень от  $MN$  составила бы  $ND$ . Возьмем теперь объект известной величины  $PL$  и расположим его так, чтобы луч солнца  $ED$  проходил через вершину  $P$ . Таким образом, имеем два подобных треугольника  $MND$  и  $PLD$ , причем длина  $PL$  известна, а тени  $ND$  и  $LD$  можно измерить. В результате получаем  $MN = PL \cdot ND / LD$ .

Положение 28. Если смотреть на цилиндр одним глазом, то видно меньше половины. Пусть имеется цилиндр, ось которого проходит через точку  $O$ . Из глаза  $W$  выходят лучи, которые касаются круга в точках  $X$  и  $Y$ . Очевидно, что обратная к глазу дуга  $XY$  меньше полукруга, а на все точки цилиндра, расположенные правее отрезка  $XY$ , лучи зрения не попадут. Поэтому всегда видно меньше половины цилиндра. Указанные рассуждения справедливы и для конуса .

# Причины развития теоретической оптики у эллинов

Предполагается, что столь скрупулезный анализ оптических эффектов возник из необходимости создания достоверных театральных декораций. Уже в древних Афинах театр являлся важным элементом общественной жизни: оформление сцены для постановок трагедий Эсхила или Софокла требовало от художников умения правдоподобно изображать элементы пейзажа или городской архитектуры, и мы точно знаем, что зрители были впечатлены результатом. Известно, что Демокрит и Анаксагор написали книги о геометрических принципах создания театральных декораций, и, весьма вероятно, что Евклид многое почерпнул именно из этих работ.

В эллинистической Александрии искусство, в том числе и драматическое, уже не могло затрагивать остросоциальных вопросов, и потому, дабы не утратить эффектности, оказалось вынужденным обратиться к поиску изощренных изысканных форм для описания простых вещей и бытовых проблем. Могущественные Птолемеи желали прославить себя и свое правление, а потому оказывали щедрое покровительство талантливым художникам, писателям и поэтам. Придворные драматурги не могли говорить обо всем, но выиг-

рывали за счет пышности, яркости и блеска своих спектаклей. Мастера-декораторы научились создавать на тканях и досках удивительные по реалистичности изображения на самые разные темы.

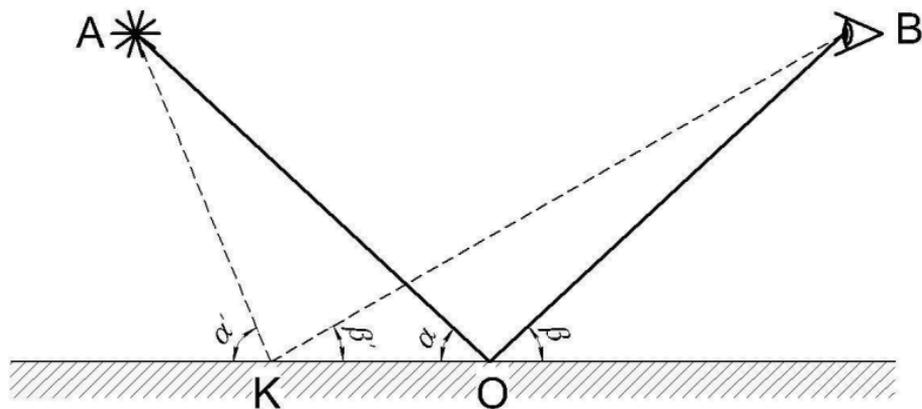
И здесь мы вынуждены признать, что Евклид не в полной мере справился со своей задачей, поскольку его трактат объясняет лишь то, как мы видим предметы, но ничего не говорит нам о том, как следует изображать объекты на плоскости для получения достоверных зрительных впечатлений.

## «Катоптрика» Архимеда

О дальнейшем развитии античной оптики мы можем косвенно судить по отдельным отрывкам и кратким описаниям несохранившейся работы Архимеда «Катоптрика». В этом фундаментальном труде рассказывалось, в частности, почему плоские зеркала дают отражения предметов в их натуральную величину, выпуклые – уменьшают размеры, а вогнутые – увеличивают; отчего в зеркале меняются местами право и лево; каким образом вогнутое зеркало способно собирать солнечный свет и даже поджигать что-либо; из-за чего в небе видна радуга; как преломляются лучи в различных средах, и почему погруженные в воду предметы кажутся больше, а также многое иное подобного же рода. Точный и ответственный подход Архимеда к научным исследованиям не оставляет сомнений, что все указанные проблемы были разобраны с большой тщательностью, но от всего указанного многообразия до наших дней сохранились лишь отдельные отрывки, переписанные другими авторами в свои книги.

Например, мы точно знаем, что в «Катоптрике» Архимед показал, что для отраженного в зеркале светового луча угол падения равен углу отражения. Этот факт совсем неочевиден, ведь существует множество способов построить путь от источника до глаза наблюдателя. Рассмотрим плоское зерка-

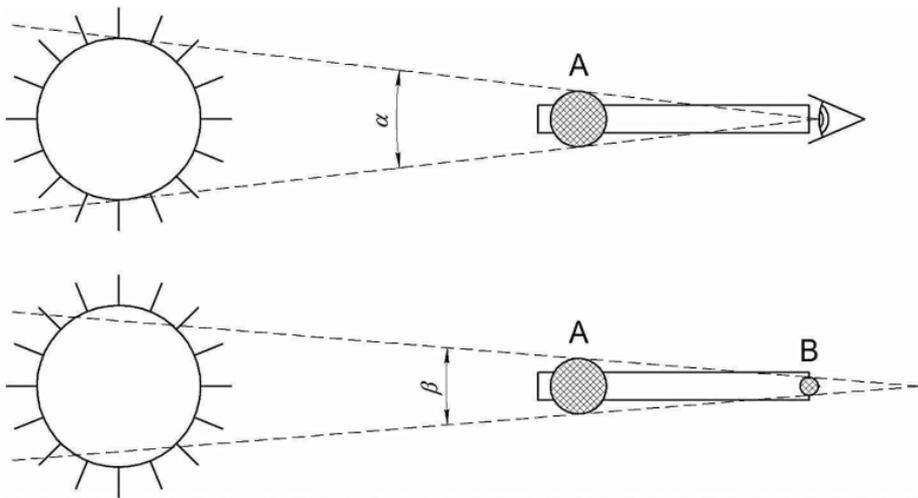
ло, источник света А и глаз В (Архимед бы сказал, что луч зрения идет от глаза к объекту А). Полагаем, что луч света отражается от зеркала в точке О так, что  $\alpha = \beta$ . Допустим, что в действительности луч света движется по какому-либо иному пути, например, отражается от зеркала в точке К, и тогда  $\alpha' > \beta'$ , то есть угол падения больше угла отражения. Мысленно поместим источник света в точку В, а глаз – в точку А, и получим, что угол падения стал меньше угла отражения, а это противоречит изначальному допущению. Единственным случаем, когда противоречия не возникает, это ситуация когда углы падения и отражения равны.



На самом деле приведенное доказательство не выглядит безупречным. Очевидно, оно исходит из постулата о том, что если пометить местами видимый предмет и глаз, то ход лучей никак не изменится, но это совсем не очевидное допущение, более того – интуитивно хочется предположить как раз обратное. Возможно, что переписчик, не сумел понять насто-

ящее доказательство Архимеда, и привел его в сильно искаженном виде, сохранив лишь общий принцип сведения альтернативных версий к абсурду.

Другой, сохранившийся фрагмент «Катоптрики» выглядит намного убедительнее. В этом отрывке Архимед рассказывает о том, как смог определить угол, который занимает на небосводе солнечный диск. Для этого на длинной горизонтальной линейке Архимед разместил небольшой цилиндрок (на чертеже он обозначен как А) и, дождавшись восхода, когда на Солнце еще можно спокойно смотреть, поместил свой глаз у одного конца линейки, а цилиндрок переместил так, чтобы тот едва-едва начал заслонять Солнце. Если бы человеческий зрачок являлся точкой, что проведя касательные к цилиндру, можно было бы получить угол  $\alpha$ , соответствующий искомой величине. Архимед, однако же, справедливо отмечает, что необходимо учесть поправку на размер зрачка, для чего на линейке устанавливается специальная пластинка В, размер которой равен размеру зрачка. Теперь, проведя касательные одновременно к цилиндру А и пластинке В, мы получим угол  $\beta$ , который окажется меньше искомой величины.



В данном случае мы встречаем, пожалуй, первый в истории случай оценки погрешности для экспериментально определяемой величины. Из своих опытов Архимед определил, что угловой размер Солнца составляет от  $1/200$  до  $1/164$  прямого угла, то есть от  $27'$  до  $32'55''$ . Поскольку истинное значение составляет примерно  $30'$ , то можно лишь поразиться мастерству Архимеда, учитывая, сколь примитивными были его инструменты.

Популярность «Катоптрики» в античности была достаточно велика (это означает, что ее прочитало несколько сотен человек), и, вероятно, именно эта книга послужила источником легенды, о том, что Архимед будто бы сумел уничтожить римский флот при помощи огромных зажигательных зеркал. В реальности едва ли это было возможным даже при самых благоприятных погодных условиях, а данную историю

наверняка сочинили намного позже, опираясь на исследования Архимеда о небольших параболических отражателях, с помощью которых удавалось воспламенить сухую ткань или щепки.

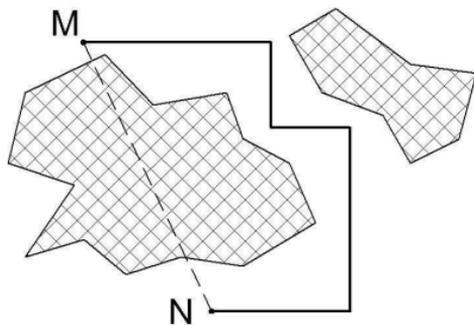
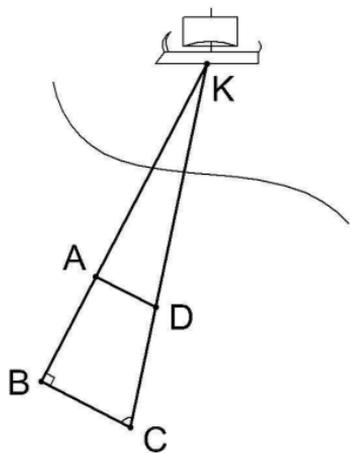
# Оптические работы Герона Александрийского

В более поздних работах Герона Александрийского говорится, что оптика, как наука подразделяется, на учение о том, как мы видим предметы, учение об отражениях и учение о визировании на местности и земельной съемке. В последнем деле Герон особенно преуспел и даже написал книгу о диоптре – сконструированном им самим геодезическом приборе для измерения и фиксирования горизонтальных и вертикальных углов между различными объектами. Так, например, если требовалось определить расстояние от точки А до недоступного объекта К, то Герон предлагал выбрать доступную точку В на прямой АК, а затем еще две доступные точки С и D, такие, чтобы треугольник КВС получился прямоугольным. Теперь необходимо измерить длины отрезков AD, BC и АВ, а затем составить пропорцию

$$\frac{AK}{AD} = \frac{AK+AB}{BC}$$

откуда получаем искомое расстояние

$$AK = \frac{AB \cdot AD}{BC - AD}$$



Если же требуется определить расстояние между точками  $N$  и  $M$ , которые невозможно наблюдать одну из другой, то в таком случае Герон предлагает провести серию дополнительных построений, построив на местности ломаную линию, все звенья которой расположены перпендикулярно друг к другу. Измерив затем все прямолинейные участки, можно, хоть это и потребует некоторых вычислений, определить длину отрезка  $NM$ .

Диоптра позволяла также определять расстояние между кораблями в море, измерять расстояние деревьев и зданий, вычислять площади различных территорий, в том числе и таких, на которые невозможно зайти, а также вести работы по строительству туннелей, соединяя, например, две заданные точки с противоположной стороны горы.

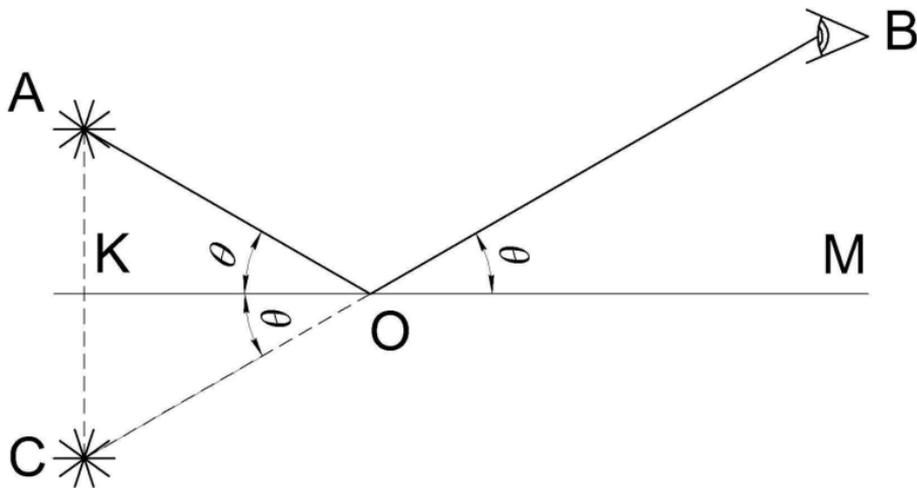
Если же вернуться непосредственно к оптическим сочи-

нениям Герона, то особый интерес представляет его доказательство того, что исходящие из глаз зрительные лучи движутся с бесконечной скоростью. В самом деле, расстояние до звезд очень велико, но если мы закроем и откроем глаза, то сможем увидеть звезды сразу же, лишь только взглянем на небо. Получается, что зрительные лучи достигли звезд и вернулись обратно за очень малое время. Данный аргумент, к слову, использовался и для опровержения теории зрительных лучей, поскольку возможность столь быстрого движения многим представлялась совершенно невероятной. Схожие сомнения высказывал даже Евклид, который, как мы помним, поддерживал теорию о зрительных лучах.

# Закон отражения у Герона

Не менее интересно и то, как Герон в своем трактате «Катоптрика» доказывает закон отражения, опираясь на тезис о том, что Природа не напрягает силы без нужды. Данное утверждение неявно содержит в себе принцип минимизации потенциальной энергии, и в самом общем виде оно формулировалось еще Аристотелем, однако именно Герон (либо же автор источника, из которого Герон переписывал) сумел использовать его для плодотворных научных рассуждений. Так, сразу же оказывается необходимым сделать заключение о прямолинейности зрительных лучей, ведь любое движение с постоянной скоростью должно происходить по кратчайшему расстоянию между точками, поскольку движущая сила не позволит терять время на более долгий путь. Теперь уже нетрудно доказать и сам закон отражения.

Пусть объект находится в точке А, а глаз наблюдателя – в точке В. Луч зрения вышел из глаза В и достиг объекта А, отразившись от зеркала КМ в некоторой точке О. Мы, в отличие от Герона, разумеется, говорим, что луч света идет от предмета к глазу, но на суть дальнейшего доказательства это никак не повлияет. Вопрос заключается в том, где именно должна находиться точка О, чтобы путь В-О-А оказался наименьшим?



Начертим прямую  $AC$  перпендикулярную плоскости зеркала, причем точка  $C$  расположена так, что  $AK = KC$ . Иными словами в точке  $C$  находится зеркальное изображение объекта  $A$ . Кратчайшим расстоянием между  $B$  и  $C$ , естественно, является прямая, и очевидно, что  $\angle BOM = \angle KOM = \theta$ . Теперь заметим, что у прямоугольных треугольников  $\triangle AOK$  и  $\triangle COK$  равны оба катета, и, следовательно, они полностью одинаковы. Таким образом,  $AO = OC$ , а путь  $B-O-A$  равен наикратчайшему пути  $B-O-C$ , и при этом  $\angle AOK = \theta$ . Равенство углов падения и отражения доказано, ведь только в таком случае путь зрительных лучей окажется минимальным.

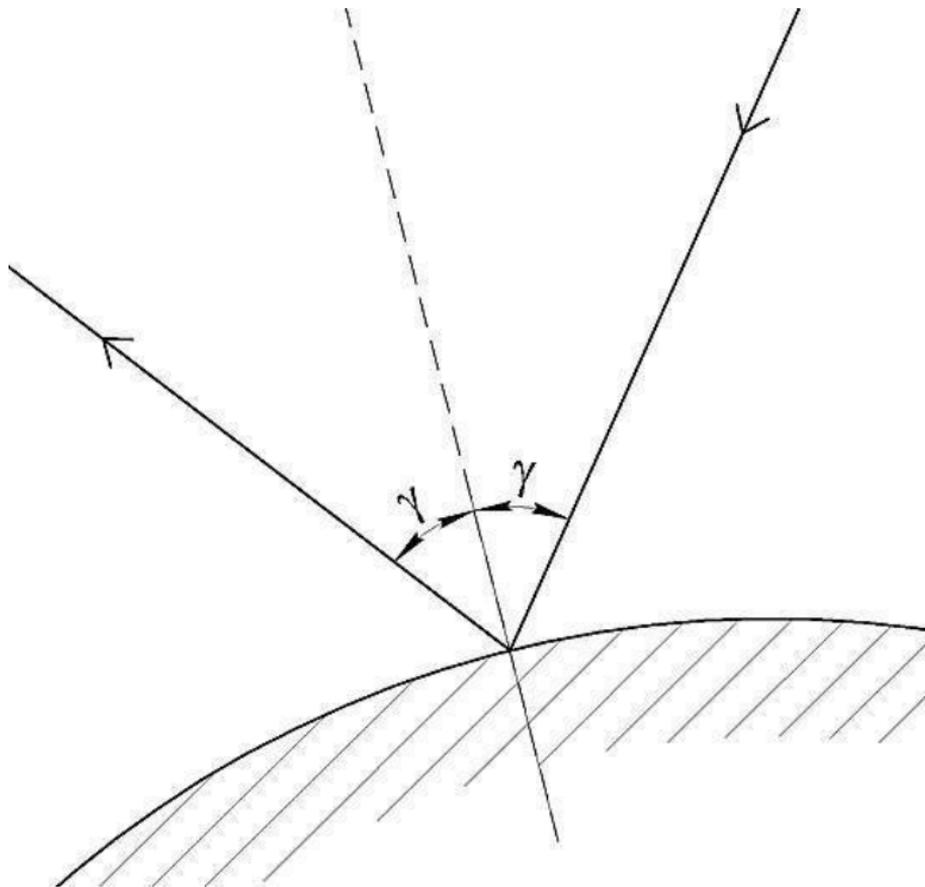
Приведенные рассуждения Герона дают нам один из самых ранних примеров того, как частный физический закон выводится из некоторого общего принципа исключительно с помощью математики. Попытки сделать нечто подобное

уже предпринимались в «Механических проблемах», но там они выглядели по большей части неубедительно, тогда как в данном случае перед нами образец чистого научного доказательства. Впрочем, сами греки едва ли ощущали тут хоть какую-то значимую разницу. По крайней мере, никаких указаний на это нет.

# Оптические исследования Клавдия Птолемея

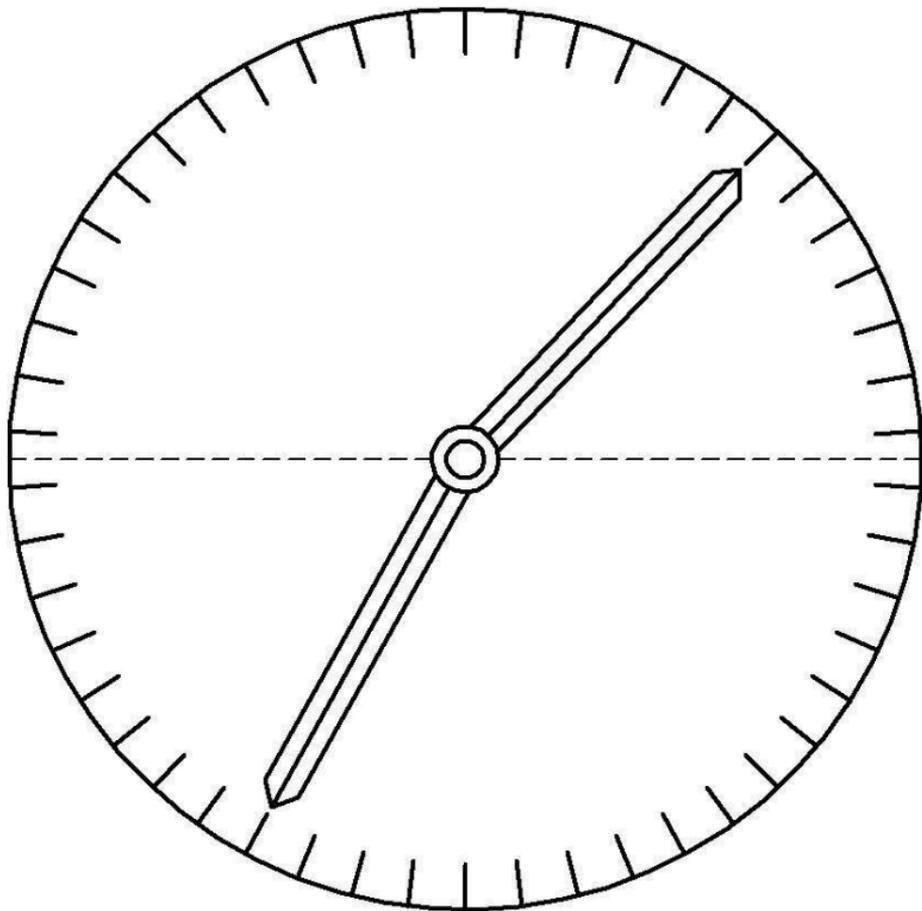
Несмотря на все политические и исторические потрясения, в Александрии никогда не прекращались исследования особенностей зрения и законов движения света. Во II веке нашей эры знаменитый астроном Клавдий Птолемей написал книгу «Оптика», отрывки которой известны нам в искаженном латинском переводе с утерянного арабского текста, который был основан на греческом оригинале. Весьма вероятно, что этой цепочке присутствовал еще и промежуточный перевод на древний сирийский язык.

Точно так же, как Евклид и Герон, Птолемей придерживается концепции об исходящих из глаза зрительных лучах. В своей книге он приводит множество измерений, подтверждающих закон о равенстве углов падения и преломления, причем это правило распространяется в том числе и на кривые зеркала. Делается абсолютно верное заключение, что для неровной поверхности равенство углов необходимо определять по отношению к нормали, проведенной в точке отражения.



Также в работе Птолемея мы находим самые ранние сохранившиеся таблицы преломления света при переходе световых лучей из одной среды в другую. Само по себе данное физическое явление было известно с далекой древности (уже в комедии Аристофана «Облака» зажигательное стекло упоминается как нечто общеизвестное), однако именно Птолемей впервые провел целенаправленное и систематическое

исследование преломления. Для своей работы он изготовил специальный измерительный прибор, состоящий из диска, на оси которого были закреплены две вращающиеся линейки. Размещенный вертикально диск наполовину погружался в воду, после чего одна из линеек устанавливалась произвольным образом, а вторая поворачивалась до тех пор, пока визуально не начинало казаться, будто они обе расположены на одной прямой. После этого прибор вынимался из воды и по специальным делениям измерялся реальный угол между линейками.



Хоть описанное устройство и представляется достаточно простым, но с его помощью Птолемею удалось получить весьма точные значения углов при переходе света из воздуха в воду, а также – из воздуха в стекло и из воды в стекло. Очень долго считалось, что все приведенные в «Оптике» цифры были получены экспериментально, однако современные исследователи склоняются к тому, что Птолемей провел

лишь несколько опытов, а большинство значений в диапазоне от  $10^\circ$  до  $80^\circ$  вычислил теми же методами, которыми астрономы определяли промежуточные положения небесных светил.

Размышляя о том, отчего при отражении углы движения зрительных лучей равны, а при преломлении – не равны, Птолемей заключает, что здесь имеет место удивительное свойство природы сохранять активность силы. К сожалению, последующая часть книги, где разъясняется данная цитата, до нас не дошла.

# Успех античной оптики

Таковы, вкратце, были античные знания в области оптики. Безусловно, мы должны дать им достаточно высокую оценку, хотя они и базировались на совершенно неверном представлении об исходящих из глаз зрительных лучах. Именно в греческой оптике мы впервые в истории человечества встречаем вполне четкое понимание и строгое использование принципа наименьшего действия, который, впрочем, не был тогда взят на вооружение в иных областях науки, да и не совсем понятно, как можно было бы использовать его где-либо еще. В самом деле, оптика сама по себе идеально подходила для исследований средствами чистой геометрии, тогда как, например, механика требовала уже совсем иных математических подходов и методов.

Весьма характерно, что Папп Александрийский полагал изучение «Оптики» Евклида обязательным для всех, кто собирается заняться астрономией, а особенно – трудами Клавдия Птолемея. На самом деле Папп дает большой список книг, предварительное постижение которых необходимо для освоения науки о небе, и «Оптика», на первый взгляд, сильно выделяется из этого перечня сугубо астрономических трактатов (так, например, там присутствуют еще и «Явления» Евклида, в которых излагаются основы сферической

геометрии). В самом деле, в «Оптике» ничего не говорится о звездах и небесных телах, а есть лишь несколько теорем о том, как человеческий глаз видит сферические объекты. Впрочем, даже эти соображения почти не имеют никакой значимости для наблюдений Луны и Солнца ввиду малого углового размера последних.

Логику Паппа можно понять, если учесть, что он не посчитал нужным упомянуть «Оптику» самого Птолемея, которая в физическом плане намного превосходит работу Евклида. Книга Евклида в данном случае рекомендовалась скорее из методологических соображений. Греческие работы по оптике наглядно показывали, как чистые математические построения позволяют исследовать реальные физические явления и получать достоверную информацию об окружающем мире. В гораздо большем масштабе это пыталась сделать и античная астрономия. С этой точки зрения Евклид, несомненно, превосходит других греческих авторов, демонстрируя всю мощь и пользу геометрического доказательства для обоснования реальных оптических явлений. Быть может, Евклиду недостает глубины в понимании общих физических принципов, зато он говорит о многих вещах и исключительно на языке математики. Также о многом говорила и античная астрономия, а ее успехи благодаря геометрическим методам оказались грандиозными.

# ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ. ДНИ НЕДЕЛИ И ВРЕМЕНА ГОДА

## Общая характеристика древних воззрений на астрономию

Приступая к разговору о древней астрономии, хочется сразу оговориться, что даже краткий ее обзор потребовал бы книги, не уступающей по размерам этой. В популярной литературе обычно приводят отрывочные и очень упрощенные сведения, которые не столько разъясняют, сколько запутывают и вызывают удивление некомпетентностью вавилонских и греческих астрономов, которые, как может показаться, оказывались беспомощными в самых простых вопросах. Такое мнение, разумеется, никак не соответствует истине. На самом деле чаще всего именно современный читатель мало осведомлен касательно основ астрономии и структуры календарей, и поэтому плохо представляет себе, с каким обширным материалом на самом деле работали древние. В этой связи мы постараемся в нескольких главах дать достаточно глубокий, но при этом доступный неспециалисту материал (то есть все равно опустим многие частные и важные

моменты), который показал бы общую эволюцию человеческих знаний о небе – на пути от чистого мифа до грандиозного математического построения Клавдия Птолемея.

Часто говорят, что из всех прочих наук древности именно астрономия получила, пожалуй, наибольшее развитие, но этот тезис все же представляется несколько спорным. Античная математика едва ли уступала современному ей уровню познаний о небе. Кроме того, как мы уже говорили, в той же Александрии, где работал Птолемей, основное внимание уделялось в основном литературным вопросам, ведь восемь муз из девяти, так или иначе, отвечали именно за литературу (муза истории Клио занимала нишу исторических произведений и гимнов, прославляющих великие деяния правителей). Имеет смысл задуматься, почему покровительствовавшая астрономии Урания вообще оказалась в таком окружении, и в какой мере чтение небесных посланий считалось именно натурфилософией. В любом случае по-настоящему правильным будет сказать, что древняя астрономия являлась наиболее развитой из всех естественных наук. Это объясняется сразу несколькими причинами. Во-первых, небесные явления существенно проще понять и описать математически (до какого-то определенного уровня точности), чем большую часть из того, что происходит на поверхности Земли. Разумеется, здесь мы имеем в виду лишь видимую составляющую происходящего – звезды, Луна, Солнце и планеты перемещаются вполне упорядоченным образом, поэто-

му их движение можно попытаться изучить и рассчитать. Во-вторых, все небесные тела полагались либо божествами в буквальном смысле этого слова, либо же каким-то явным проявлением сверхъестественных сил, а потому людям казалось вполне разумным и даже необходимым разобраться в установленном свыше порядке.

Впрочем, обе указанные причины сами по себе не могли стать надежным фундаментом развития древней астрономии, как науки. В самом деле, мы уже видели, как даже известный и понятный на практике закон рычага не привел к формированию хоть сколько-то внятной механической теории. Точно также и попытки постичь волю небес приводили только лишь к созданию астрологических систем, которые хоть и базировались на точных астрономических наблюдениях, но представляли собой абсолютно фантастические измышления. Конечно, уже сам факт того, что гороскопы не сбывались, некоторым образом подталкивал древних жрецов к мысли, что возможно их звездные таблицы недостаточно точны, а потому необходимо провести более тщательные наблюдения и расчеты. Но путь этот, очевидно, был тупиковым – точность гороскопов зависела в основном от везения астролога, а также от его умения разобраться в придворных интригах и геополитической обстановке, но вовсе не от умения вычислять положения планет в зодиаке на конкретную дату.

# Практическая значимость астрономии

Важнейшим фактором развития оказалось то, что, в отличие от древней физики, теоретическая астрономия имела прямое практическое применение, ведь уже издревле люди научились использовать небо как компас, часы и календарь. В самом деле, трудно не заметить, что Солнце каждый день поднимается примерно с одной и той же стороны, что летние дни длиннее зимних, что форма Луны изменяется с некоторой регулярной последовательностью.

Уже в III тысячелетии до нашей эры египтяне четко установили, что разливы Нила совпадают с днем, когда яркая звезда Сириус впервые становится видна в лучах утренней зари. В более поздние времена Гомеру было известно, что на исходе лета Пёс Ориона (то есть Сириус) виден уже высоко в небе. Живший в VIII-VII веках до нашей эры древнегреческий поэт Гесиод в своей поэме «Труды и дни» советует начинать сбор винограда в дни восхода Арктура, а приступать к пашне – когда Плеяды под утро впервые скрываются за горизонтом. Поскольку у эллинов долго не было устоявшегося способа отмечать дни, то в их хозяйственной жизни широко использовались специальные календари с указанием моментов восхода и захода наиболее ярких звезд.

Также нетрудно заметить, что небесные тела (за исключением Солнца, Луны, Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна) не меняют взаимного расположения и образуют характерные фигуры-созвездия. На самом деле их облик в древности несколько отличался от привычного для нас, но изменения тут происходят буквально за тысячи лет. Также, все звезды кажутся расположенными на одинаковом удалении от нас, как будто бы их закрепили на невидимой сфере, которая каждую ночь поворачивается с востока на запад вокруг особой точки, расположенной точно на севере. При этом  $\alpha$  Малой Медведицы (Полярная звезда) пришла в эту точку лишь в начале II тысячелетия нашей эры, а до того в разные эпохи роль Полярной могли исполнять другие звезды, или же ее вовсе могло не быть. Тем не менее, уже Гомер указывал, что Одиссей в своих странствиях определял направление на север, ориентируясь на положение Большой Медведицы (Колесницы), а искусные в мореходном деле финикийцы знали, что Малая Медведица хоть и не является столь же яркой и заметной, зато куда ближе расположена к полюсу мира.

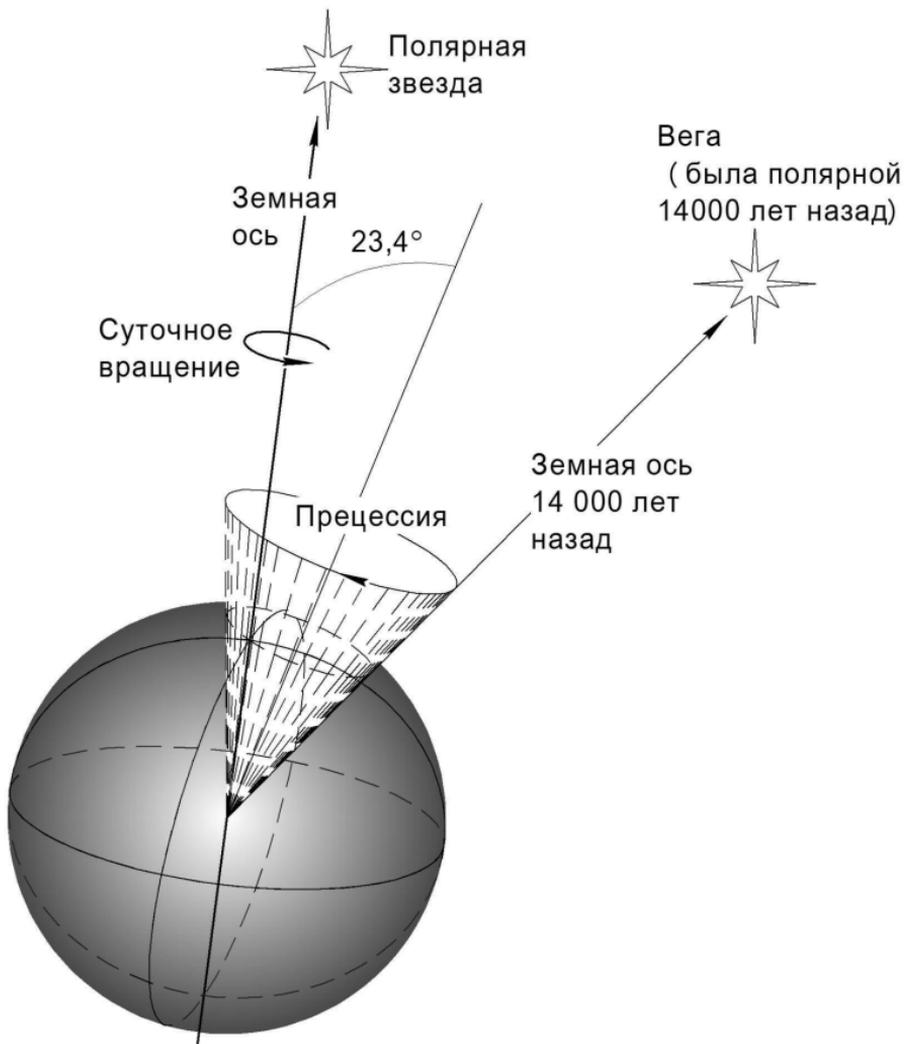
Все эти народные и постигнутые эмпирически закономерности, безусловно, можно было изучить с немалой пользой для себя, и древние люди приложили к этому вопросу огромные усилия.

# О движении Солнца и звезд

Ежедневно солнце совершает по небу путь с востока на запад вокруг северного полюса мира. Уже в глубокой древности люди поняли, что именно солнечный свет мешает нам видеть звезды днем, однако можно разглядеть расположение звезд сразу после заката или перед рассветом. Внимательно наблюдая восходы и заходы, а также изучая вид утреннего и вечернего неба, можно заметить, что положение Солнца между звездами постепенно меняется: оно движется с запада на восток и приблизительно за 365,25 суток (то есть за год) совершает полный круг. Не станем пока углубляться в то, что в астрономии словом «год» обозначают несколько различных по длительности периодов времени.

Чтобы легче ориентироваться в мириадах светил, древние астрономы разделили небо на 48 отдельных частей, в которых звезды визуально группировались вместе. Так возникли созвездия, хотя их внешний изначальный вид несколько отличался от привычного для нас, поскольку за тысячи лет звезды тоже поменяли свои места. Сегодня астрономы различают 88 созвездий, но из Средиземноморья можно наблюдать далеко не все из них. В древности на протяжении года Солнце проходило через двенадцать таких созвездий, которые получили названия зодиакальных, то есть «звериных»,

поскольку первоначально им дали имена животных. Время пребывания в них Солнца разнится от одной недели до полутора месяцев, но уже вавилоняне для удобства делили эклиптику на двенадцать равных частей по  $30^\circ$ , обозначая каждую из них соответствующим знаком зодиака. Чтобы определить положение Солнца среди звезд, необходимо посмотреть какое зодиакальное созвездие находится выше прочих в полночь, а Солнце будет находиться в противоположном. За начало отсчета было принято созвездие Овна, в котором находилась точка весеннего равноденствия, но к нашему времени из-за прецессии Земли она переместилась в созвездие Рыб (сдвиг составляет приблизительно  $1^\circ$  за 72 года, что дает почти  $30^\circ$  за 2000 лет). Также современная эклиптика пересекает еще и тринадцатое созвездие Змееносца, но современная астрологическая традиция практически игнорирует все накопившиеся с древности изменения.



Для земного наблюдателя все звезды визуально кажутся расположенными на некоей сфере, полюс которой совпадает с северным полюсом Земли, причем зодиак наклонен к небесному экватору на угол  $23,5^\circ$ . Это объясняется тем, что

ось вращения Земли не перпендикулярна плоскости ее орбиты (так же объясняется и смена времен года), однако для древних наклон зодиака представлял немалую сложность.

# О движении Луны. Лунный и солнечный годы

Положение Луны среди звезд наблюдать намного проще, поскольку в темноте они хорошо видны. Легко заметить, что Луна, как и Солнце, тоже каждую ночь движется с востока на запад, а также смещается по зодиакальному кругу с запада на восток, и ее полный оборот занимает не год, а всего лишь чуть более 27 суток. Еще проще заметить, что при движении по небу меняется форма Луны. Этот эффект объясняется взаимным положением видимой лунной поверхности относительно Солнца, но даже не зная этого понять последовательность фаз совсем нетрудно. Вслед за новолунием, когда Луны совсем не видно, на вечернем небе сперва появляется узкий серп, который через 7 суток превращается в полукруг (первая четверть), а затем еще через 8 суток наступает полнолуние, когда Луна видна целиком. Еще через 7 суток снова виден лишь полукруг, но обрезанный уже в иную сторону (последняя четверть), и еще через 8 суток Луна опять полностью исчезает. Указанные промежутки времени не являются точными, и в действительности лунный месяц (само это обозначение этой единицы времени происходит от одного из названий Луны) составляет примерно 29,5 суток. Данный период больше, чем 27 лунных зодиакальных суток, поскольку

ку Солнце тоже медленно движется по зодиаку. Лунный год же, как несложно рассчитать, равен приблизительно  $29,5 \cdot 12 = 354$  суткам. Таким образом, лунный месяц несоизмерим с земными сутками, а лунный год – с солнечным годом.

Если говорить совсем точно, то средний солнечный год составляет не ровно 365,25 суток, а 365,2421897 суток. Для периодов всех остальных астрономических явлений определено такое же (на самом деле – большее) число знаков после запятой, поэтому говорить о какой-то физической соизмеримости бессмысленно – ее нет, однако же, для календарных нужд удобно использовать приближенные округления. Кроме того при составлении календаря желательно, чтобы число суток в месяце и году было целым. Из необходимости как-то упростить указанные несоизмеримости проистекает задача установления таких календарных единиц, которые содержат неодинаковое число дней и чередуются по определенным правилам.

В большинстве ранних человеческих сообществ независимо возникли сходственные правила составления лунно-солнечных календарей. При этом нужно понимать, что в бытовом смысле Луна намного удобнее для календарных нужд, чем Солнце, ведь по фазе луны всегда можно сказать, сколько примерно дней прошло от последнего новолуния. С другой стороны весьма затруднительно просто взглянуть на Солнце и определить хотя бы текущий месяц, не говоря уже о номере дня. По этой причине лунные календари были

весьма распространены в древности, впрочем, они (в основном из религиозных соображений) находят применение до сих пор. Тем не менее, потребность организовывать сельскохозяйственные работы, равно как и иные общественные задачи, вынуждали использовать солнечный год, ведь именно он определяет смену времен года, а, значит, и период появления урожая.

Поскольку лунный цикл составляет примерно 29,5 суток, то соответствующий календарный месяц может содержать либо 29, либо 30 дней, причем они должны чередоваться, чтобы начало каждого месяца как можно точнее совпадало с новолунием. Лунный год состоит из 12 месяцев и имеет общую продолжительность 354 дня. Каждые три года необходимо добавлять еще один дополнительный день, чтобы компенсировать накопившуюся ошибку, вытекающую из того, что лунный месяц в реальности равен не ровно 29,5, а 29,53059 суток. Если такой день не добавлять, то новолуния постепенно начнут смещаться относительно начала месяцев.

С другой стороны продолжительность солнечного года составляет 365,25 суток, и получается, что в нем содержится примерно 12,3 лунных месяцев, поэтому для устранения погрешности необходимо определенным образом чередовать года, состоящие из 12 и 13 лунных месяцев. Шумеры уже в середине III тысячелетия до нашей эры практиковали вставку тринадцатого месяца для синхронизации лунного и солнечного календарей. Вавилоняне переняли данный обычай,

причем корректировка календаря осуществлялась особыми царскими указами. При этом в разные годы могли удваивать различные месяцы – четкого правила тут не существовало. Датировка и вовсе осуществлялась по каким-либо общеизвестным в Месопотамии значимым событиям: например, указывалось, что то или иное происшествие случилось в один год с возведением грандиозной статуи или через год после избрания важного жреца. Позже счет лет начали вести от воцарения правителей, но эта традиция исчезла после введения эры Селевкидов.

Со временем вавилоняне открыли восьмилетний цикл, состоящий из 99 лунных месяцев (53 месяца по 30 дней и 46 месяцев по 29 дней) общей продолжительностью 2924 суток, что почти равно длительности восьми солнечных лет, составляющей 2922 суток. Накапливающуюся погрешность, в том числе и по смещению фаз луны на половину дня за восемь лет, компенсировали вставками дополнительных дней.

Несколько позже вавилоняне установили более точный девятнадцатилетний цикл, который знали также и в древнем Китае, а в 432 году до нашей эры этот цикл был независимо открыт греком Метонем, по имени которого он и получил свое современное название. Несложно подсчитать, что девятнадцать солнечных лет практически равны двумстам тридцати пяти лунным месяцам. Действительно  $19 \cdot 365,25 = 6939,75$ , а  $235 \cdot 29,53 = 6939,55$ , и, таким образом, получаем, что один метонов цикл состоит из 6940 суток, а погрешность

составляет всего несколько часов за 19 лет. Внутри данного цикла необходимо разместить 110 месяцев по 29 дней и 125 месяцев по 30 дней, причем для согласования с солнечным годом 13-ый месяц потребуется вставлять 7 раз за каждые 19 лет.

На самом деле в древности продолжительность солнечного года была известна весьма неточно, поэтому никакие правила не могли оказаться достаточно хорошими, и время от времени календарь просто-напросто подправляли по текущим наблюдениям новолуний и равноденствий.

# **Проблема составления календаря. О вычислении даты Пасхи**

Всю сложность согласования солнечного и лунного календарей можно особенно ярко проиллюстрировать вопросом определения даты христианской Пасхи. Согласно тексту Евангелия Христос был распят в дни иудейского праздника Песах и воскрес в первый день следующей недели, то есть в день после шаббата (субботы). Несложно понять, что этот день – воскресенье. Закон Моисея предписывает начинать Песах вечером на 14 день месяца нисана, причем в иудейском календаре каждый месяц начинается в новолуние, а сам нисан является первым весенним месяцем, длится 30 дней и приблизительно соответствует григорианскому марту или апрелю. В теории в лунном календаре весна начинается поле дня весеннего равноденствия, но из-за необходимости раз в несколько лет корректировать длину года и вставлять дополнительный месяц, положение нисана плавает относительно равноденствия. У иудеев также имеются некоторые религиозные соображения, из-за которых к году иногда добавляется или наоборот отнимается еще один день, из-за чего иудейский год может иметь шесть различных длительностей (в григорианском календаре возможны только две длительности года: 365 или 366 дней). Поскольку распятие произо-

шло две тысячи лет назад, то сейчас уже никак невозможно вычислить положение месяца нисана в солнечном цикле на момент смерти Христа. Впрочем, год распятия сам по себе известен неточно (вопрос о достоверности существования Иисуса мы не обсуждаем, поскольку он не относится к проблеме календаря). Некоторая определенность имеется лишь относительно следующих фактов: нисан должен наступать после весеннего равноденствия (хотя в еврейской практике случаются исключения по данному пункту), середина месяца совпадает с полнолунием, Христос воскрес в воскресенье.

Первые христианские общины состояли в основном из бывших иудеев, поэтому они продолжали праздновать Песах 14 нисана, но вкладывали в него уже иной смысл. Обращаемые в христианство западные язычники напротив предпочитали понимать Евангелие буквально, и отмечали Пасху в первое воскресенье после соответствующего полнолуния. Существование двух различных традиций осложнялось еще и тем, что точные даты равноденствий и полнолуний достаточно трудно определить: эти астрономические явления не соответствуют конкретным числам, и происходят в разное время в различных точках Земли. Кроме того далеко не везде вообще велись наблюдения за небом. В результате в некоторых регионах дату праздника вычисляли по собственным методикам, в других – определяли приблизительно.

Постепенно после многих споров в христианском мире четко утвердилось следующее правило: Пасха празднуется

в первое воскресенье после того полнолуния, которое наступит следом за весенним равноденствием. Однако единого способа исчисления дат указанных астрономических явлений так и не сложилось. В настоящее время для расчета даты Пасхи католическая церковь полагает, что весеннее равноденствие всегда происходит 21 марта по григорианскому календарю, а православная церковь принимает датой равноденствия 21 марта по юлианскому календарю (3 апреля по григорианскому). Полнолуния высчитывают по 19-ти летнему метонову циклу, но при этом в православной александрийской пасхалии они отстают от григорианских на 4-5 дней из-за накопившейся и не устраненной погрешности.

Разумеется, священнослужители понимают, что все эти вычисления не соответствуют реальным астрономическим событиям, но вопрос об отказе от запутанных расчетов почти не обсуждается. Церковь предпочитает придерживаться освященных веками традиций.

# Астрономические знания Вавилона

Почти безо всякого сомнения можно утверждать, что астрономия родилась из шумеро-вавилонского увлечения астрологией. Уже в глубокой древности люди знали, что смена времен года, разливы рек, созревание урожая, миграции животных и птиц достаточно хорошо согласуются с определенными небесными явлениями. Эта связь была так крепка и нерушима, а звезды выглядели настолько непостижимыми, что казалось, будто они буквально управляют всеми событиями на земле. Веками жители Междуречья пытались узнать у неба своё будущее и выдумывали изощренные методы предсказаний, однако любые прогнозы всегда оказывались недостаточно точными. Профессиональные жрецы учились давать расплывчатые и многозначные ответы, которые всегда можно было истолковать необходимым образом, но сами астрологи прекрасно понимали, что их искусство работает плохо. Предполагалось, однако, что гороскопы не сбываются оттого, что неточны, поскольку люди просто-напросто недостаточно хорошо разбираются в закономерностях движения планет. Для повышения точности астрологии требовалось тщательно изучить всё происходящее на небе. В каждом городе Междуречья на зиккуратах стали появляться специальные башни, откуда было особенно удобно вести

наблюдения за звездами. Постепенно вавилоняне накопили и обобщили столь много информации, что уже могли достаточно точно предсказывать положения Луны, Солнца и планет среди созвездий, а также определять даты будущих затмений.

Насколько мы знаем, никаких математических моделей, описывающих движение небесных тел, у вавилонских жрецов не было, и они просто использовали большое число записей о прошлых событиях, а также элементарные правила интерполяции. Успеху астрономии во многом способствовала также и развитая вычислительная техника Междуречья. На самом деле вавилоняне считали мало, а в основном использовали огромное число справочных таблиц на все возможные арифметические действия, но зато могли записывать числа в позиционной системе, включающей шестидесятеричные дроби, аналогичные нашим десятичным. И если математические таблицы были нормой для любой древней культуры, то вавилонские дроби оказались уникальны и невероятно удобны (по сравнению с почти беспомощными числовыми системами других древних народов), и их использовали почти все греческие и средневековые математики, включая Коперника. Именно поэтому мы до сих пор делим круг на 360 градусов, а угловой градус – на 60 минут.

За пределами жреческой касты (которая включала в себя не только служителей культа, но и вообще почти всех грамот-

ных чиновников-управленцев) никто из вавилонян не занимался, да и не мог заниматься, астрономическими наблюдениями, составлением календарей и поклонением небесным телам. В связи с этим никакой выдуманной космологии в Междуречье не возникло, а вселенная описывалась исключительно мифологически. Считалось, что мир поднялся из глубин окружающего сушу океана, держащего на себе твердый неподвижный свод неба, над которым находятся верхние воды и жилище богов. Через восточную небесную дверь каждое утро выходит Солнце, а каждый вечер оно возвращается обратно через дверь западную. Само Солнце, равно как Луна, планеты и звезды являются живыми божествами, движущимся по своим намеченным свыше путям. Северная часть суши покрыта тайной, а далеко на западе расположен вход в подземную обитель мира мертвых.

# Астрономические знания Египта

Египетские представления об устройстве вселенной отличались от вавилонских лишь деталями, но не сутью. Жизнь египтян концентрировалась на узкой полосе земли, протянувшейся вдоль Нила на несколько тысяч миль, а потому их мир напоминал вытянутый ящик, накрытый твердым сводчатым небом, на котором подвешено множество управляемых богами светильников. Землю омывала Великая река, по которой плыла ладья с живым богом Ра. Этот бог одновременно являлся еще и солнечным диском.

Каждое утро Ра рождается и постепенно набирает силу, но в полдень пересаживается на другую ладью и уплывает к западному входу в окутанную вечной ночью долину Дуат (египтяне достаточно поздно перенесли загробный мир под землю). Ночную долину Ра пересекает еще на нескольких ладьях и покидает ее через восточный выход, после чего всё путешествие повторяется. Во время своего пути Ра старается держать ладью рядом с обиталищем людей, и поэтому летом, когда Великая река разливается, наклон солнечного пути уменьшается, что позволяет Ра максимально приблизиться к Египту. Зимой вода спадает, и Солнце оказывается удалено от Земли. Иногда на ладью набрасывается гигантская змея, и тогда случается солнечное затмение.

Тем же самым маршрутом движется и бог Луны по имени Ях, но он, разумеется, покидает Дуат не утром, а вечером. В середине каждого месяца на Яха нападает свинья, откусывает от него куски, и после двухнедельных страданий он умирает, но затем почти сразу возрождается вновь. Если же свинье вдруг удастся проглотить Луну целиком, то происходит лунное затмение.

Египтяне знали также, что некоторые небесные светильники отличаются от прочих, причем Юпитер, Сатурн и Меркурий (разумеется, у них были иные названия) правят свои ладьи только вперед, тогда как Марс иногда движется назад, а Венера являет себя дважды за сутки – на закате и на рассвете.

Начиная примерно с 2000 года до нашей эры, египтяне пользовались упорядоченным 25-летним циклом из 309 лунных месяцев ( $25 \cdot 365,25 = 9131,25$  и  $309 \cdot 29,53 = 9124,77$ , что дает погрешность всего в несколько суток за 25 лет), но особым достижением их культуры был именно солнечный календарь. Вся хозяйственная жизнь древнего Египта строилась вокруг ежегодных разливов Нила, вода которого начинала подниматься каждый июль и постепенно превращала долину реки в длинное узкое озеро. На это время сельскохозяйственные работы останавливались, и их сменяли религиозные праздники и строительство. К середине ноября вода сходила, оставляя после себя густой слой плодородного ила, и крестьяне начинали сев ячменя или пшеницы-двухзернян-

ки. Еще через четыре месяца со стороны Сахары начинал дуть сухой обжигающий ветер хамсин (это позднее арабское название переводится как «пятьдесят», ведь именно столько дней ветер приносит из пустыни горячие темные тучи песка), и к этому времени требовалось собрать урожай. А вскоре после завершения сезона ветров наступал очередной разлив Нила, к началу которого требовалось отремонтировать сложную оросительную систему, включавшую в себя многочисленные каналы, плотины, водохранилища и шлюзы, без которых никакое развитое сельское хозяйство оказалось бы невозможным, ведь дожди в Африке выпадают нечасто.

Из сказанного понятно, что для египтян было очень важно заранее знать, когда Нил в очередной раз выйдет из берегов. В поисках ответа на данный вопрос жрецы обратились к звездам (то есть – к богам) и стали тщательно сопоставлять начало каждого разлива с видом ночного неба. Оказалось, что Нил разливается сразу после того, как в лучах утренней зари впервые после более чем двухмесячного отсутствия вновь появляется ярчайшая из всех звезд – Сириус (египтяне называли его Сотис). Изначально жрецы определили промежуток между двумя восходами Сириуса равным 360-ти суткам и разделили год на 12 месяцев по 30 дней. Получился четкий и красивый календарь, каждый день которого легко соотносился с какой-либо звездой из разделенного на 36 равных частей ночного неба. Ко всему прочему такое разделение давало возможность легко определять, является

ли данный день удачным или же наоборот несчастливым.

Поскольку 360-тидневный год оказался чересчур коротким, то ошибочность выбранного периода проявилась достаточно быстро, и после дальнейших астрономических наблюдений жрецы дополнили год еще пятью дополнительными днями. Позже выяснилось, что каждые четыре года восход Сириуса запаздывает на один день, а, значит, продолжительность года составляет 365,25 суток, однако египтяне по неясным причинам не стали вставлять дополнительный 366-ой день раз в четыре года. Возможно, на такое решение повлияли какие-то религиозные соображения, или же жрецы не захотели нарушать красивую стройность своего календаря. С другой стороны в такой погрешности не было особой беды, если знать о ней и заранее передвигать сроки важных работ. В самом деле, приняв среднюю продолжительность жизни древнего египтянина за 40 лет, мы легко подсчитаем, что от рождения и до смерти одного человека смещение дат относительно разлива Нила составляло всего лишь 10 дней. Едва ли такая ошибка сильно волновала подданных фараона, большинство из которых было бедными неграмотными крестьянами. Когда Геродот посетил Египет в V веке до нашей эры, то высоко оценил простоту и удобство местного календаря. Люди того времени не считали, что система летоисчисления должна быть строго привязана к смене времен года. Зато по древнеегипетскому календарю очень легко производить вычисления длительных периодов времени, поэтому в астроно-

мии он очень быстро приобрел статус стандартной шкалы, которой пользовались астрономы в Европе и по всему Средиземноморью на протяжении многих тысяч лет (даже Коперник еще записывал даты в таблицах по египетскому календарю). Поскольку смещение дат относительно сезонных явлений составляет один день в 4 года, то за 1460 лет (то есть за  $365 \cdot 4$ ) все даты возвращались в исходное положение, и этот период носил название Великого года Сотиса.

Впрочем, возможно, у жрецов имелись и более рациональные соображения не добавлять к продолжительности года еще 0,25 суток. Выяснилось, что (даже с учетом этой поправки) примерно каждые 128 лет восход Сириуса отставал от разлива Нила (а также от равноденствий) на один день, и ошибка систематически накапливалась. Дело в том, что реальная продолжительность солнечного года составляет не ровно 365,25 дней, а  $365,2421897\dots$ , и погрешность в одни сутки набегает как раз за 128 лет (в современном григорианском календаре это учитывается за счет того, что все года кратные 100, но не кратные 400, полагаются не високосными). Египтяне не понимали причин этого явления, а потому вполне могли пожертвовать абсолютной точностью календаря, ибо видели, что достичь ее в любом случае не удастся.

Любопытно, что восход Сириуса совпадал с началом разлива Нила лишь в период 4000-3000 годов до нашей эры, после чего мог служить лишь для определения продолжительности календарного года. Здесь необходимо дать еще одно

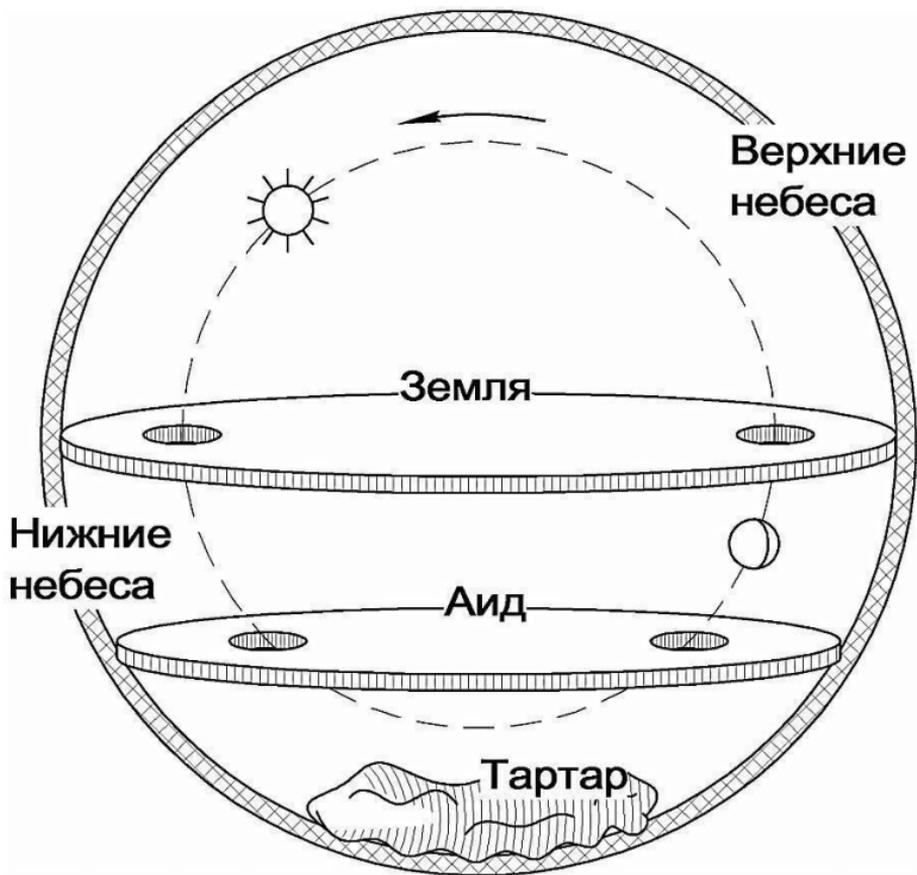
важное пояснение. Земля совершает полный оборот вокруг Солнца примерно за 365,2563556... суток, и этот период называют звездным годом. Солнечный год, продолжительность которого равна 365,2421897 суток, короче звездного из-за прецессии земной оси. Иными словами, ось Земли описывает конус с периодом 25 776 лет, смещаясь в сторону видимого движения Солнца, благодаря чему ежегодно равноденствия наступают на 20,5 минут раньше, чем положено. Этот эффект называется предварением равноденствий. Одновременно с этим из-за прецессии непрерывно изменяется положение всех светил на небесной сфере, и так получилось, что на протяжении многих тысячелетий для Сириуса с точностью до 1,0...1,5 минут выдерживалась строгая продолжительность периода между восходами равная 365,25 суток. При этом звезда постепенно поднималась все выше и выше над горизонтом.

# Мифологические воззрения греков на устройство космоса

Космологические представления греков, как и жителей Востока, изначально шли по чисто мифологическому пути: происхождение мира объяснялось наивными причинами либо же волей сверхъестественных существ. Поэмы Гомера и Гесиода рисуют нам подробную и удивительную картину вселенной в том виде, как ее представляли себе эллины всего за век до жизни Фалеса. Земля древних греков являлась плоским диском, омываемым величественным Океаном, который начинался севернее Геркулесовых столпов и впадал сам в себя. Часть земли покрыта Средиземным морем, огромным Северным морем (имеется в виду Черное море), а также восточным солнечным заливом (вероятно, подразумевалось Каспийское море). Также полагалось, что южнее Ливии и Египта расположена страна пигмеев, которая непосредственно достигает Океана. Далеко на западе обитали киммерийцы, а по соседству с ними раскинулся Эреб – страна мертвых, которая простирается все дальше и дальше во мрак.

Впрочем, одновременно считалось, что царство Аида находится под землей ровно на полпути к глубочайшему Тартару, где томятся поверженные Зевсом титаны. Сверху мир

накрыт громадным бронзовым куполом неба, под которым движутся Солнце, Луна и звезды: они поднимаются из Океана на востоке и погружаются в него на западе. Путь светил под землей не описывался, но известно, что Тартар окружен слоями мрака и никогда не видит солнечного света. Окутанные туманами страна киммерийцев и Эреб тоже никогда не освещаются Солнцем, поскольку расположены западнее того места, где оно погружается в Океан. Таким образом, Вселенная представляет собой как бы бронзовую сферу, разделенную плоской Землей на верхние и нижние небеса.



В некоторых греческих мифах упоминается, что именно Океан является источником всего остального в этом мире. Такая идея была широко распространена у египтян и вавилонян, однако совсем не обязательно, что эллины заимствовали ее на Востоке. Для обществ, чья жизнь напрямую зависит от крупных рек или же от моря, вполне естественно считать воду главной стихией. Более вероятно, что греки лишь укреп-

пились в своих взглядах, когда узнали, что другие народы тоже разделяют их воззрения. Тем не менее, очень характерно, что когда эллины осмелились, наконец, освободить свой разум от мифологических оков, то именно идея «всё из воды» оказалась той ступенькой, которая знаменовала первый шаг к философскому осмыслению мира. Подобный, казалось бы, простой шаг, так и не сумели совершить народы Востока.

## О названиях дней недели

Если же говорить об астрономических заимствованиях с Востока, то, кроме использования шестидесятеричной системы для измерения углов и времени, самым главным является принятие халдейского ряда для названий дней недели. Изначально халдеями называли семитские племена, которые обитали на юге Месопотамии и постоянно враждовали с ассирийцами за обладание Вавилоном. В конце VII века до нашей эры халдейская династия сумела утвердиться и основать Нововавилонское царство, однако, коренные вавилоняне тогда еще считали себя отдельным народом. Когда через сто лет весь регион захватили персы, то покоренные народы начали смешиваться, и различие между вавилонянами и халдеями постепенно размылось.

Поскольку жрецы Вавилона всегда славились своей мудростью, а особенно – познаниями в астрономии, то по всему Средиземноморью халдеями стали называть любых восточных астрологов, магов и предсказателей будущего. В самом деле, другие жители междуречья (кроме купцов) редко появлялись в Греции, Риме или Египте, тогда как странствующие мудрецы и проповедники редкостью не являлись. Среди таких людей часто попадались и шарлатаны, но и настоящих знатоков вавилонской учености было немало: они поль-

зовались большим успехом при дворах правителей и богатых аристократов, или же основывали целые оккультные школы, всячески эксплуатируя суеверия простого народа. На этом моменте нужно остановиться отдельно.

Уже в древности вавилонские астрономы заметили, что движение семи особых небесных тел заметно отличается от остальных. Если расположить эти светила в порядке увеличения их средней скорости относительно звезд, то получится последовательность Сатурн-Юпитер-Марс-Солнце-Венера-Меркурий-Луна. Данный порядок называется халдейским рядом. Когда в Месопотамии разделили сутки на 24 части, то жрецы назначили каждому часу свою планету-покровителя и получили периодический семидневный цикл, из которого и родилась привычная для нас неделя. Каждые сутки такой семидневной недели посвящены планете, отмечающей первый дневной час. Очень долго существовала и параллельная ночная неделя, дни которой определялись планетой, управляющей первым ночным часом.

Час	День						
1	Сатурн	Солнце	Луна	Марс	Меркурий	Юпитер	Венера
2	Юпитер	Венера	Сатурн	Солнце	Луна	Марс	Меркурий
3	Марс	Меркурий	Юпитер	Венера	Сатурн	Солнце	Луна
4	Солнце	Луна	Марс	Меркурий	Юпитер	Венера	Сатурн
5	Венера	Сатурн	Солнце	Луна	Марс	Меркурий	Юпитер
6	Меркурий	Юпитер	Венера	Сатурн	Солнце	Луна	Марс
7	Луна	Марс	Меркурий	Юпитер	Венера	Сатурн	Солнце
8	Сатурн	Солнце	Луна	Марс	Меркурий	Юпитер	Венера
9	Юпитер	Венера	Сатурн	Солнце	Луна	Марс	Меркурий
10	Марс	Меркурий	Юпитер	Венера	Сатурн	Солнце	Луна
11	Солнце	Луна	Марс	Меркурий	Юпитер	Венера	Сатурн
12	Венера	Сатурн	Солнце	Луна	Марс	Меркурий	Юпитер
Час	Ночь						
13	Меркурий	Юпитер	Венера	Сатурн	Солнце	Луна	Марс
14	Луна	Марс	Меркурий	Юпитер	Венера	Сатурн	Солнце
15	Сатурн	Солнце	Луна	Марс	Меркурий	Юпитер	Венера
16	Юпитер	Венера	Сатурн	Солнце	Луна	Марс	Меркурий
17	Марс	Меркурий	Юпитер	Венера	Сатурн	Солнце	Луна
18	Солнце	Луна	Марс	Меркурий	Юпитер	Венера	Сатурн
19	Венера	Сатурн	Солнце	Луна	Марс	Меркурий	Юпитер
20	Меркурий	Юпитер	Венера	Сатурн	Солнце	Луна	Марс
21	Луна	Марс	Меркурий	Юпитер	Венера	Сатурн	Солнце
22	Сатурн	Солнце	Луна	Марс	Меркурий	Юпитер	Венера
23	Юпитер	Венера	Сатурн	Солнце	Луна	Марс	Меркурий
24	Марс	Меркурий	Юпитер	Венера	Сатурн	Солнце	Луна

В эпоху эллинизма порядок дней недели свели в гептаграмму в виде семиконечной звезды, на лучах которой располагались символы соответствующих небесных светил.



Греки переняли у вавилонян планетарное наименование дней недели, дав им названия в честь своих богов. Далее эта традиция перешла от эллинов к римлянам, а те вместе с завоеваниями распространили свою семидневную неделю на германцев, которые заменили олимпийских богов своими собственными. Всё это легко увидеть, если сравнить названия дней недели в различных европейских языках. При этом необходимо отметить, что после распространения христиан-

ства воскресенье (день воскрешения) во многих странах стали называть днем Господа, а современное название субботы происходит от иудейского слова «шаббат». В некоторых языках, разумеется, имеются и другие отличия.

Небесное тело	Древне-греческий	Латынь	Итальянский	Испанский	Французский	Английский
Луна	ημέρα Σελήνης день Селены	dies Lunae	Lunedì	Lunes	Lundi	Monday
Марс	ημέρα Άρεως день Ареса	dies Martis	Martedì	Martes	Mardi	Tuesday день Тора – бога войны
Меркурий	ημέρα Ερμού день Гермеса	dies Mercurii	Mercoledì	Miercoles	Mercredi	Wednesday день Вотана (Одина) – бога мудрости и письменности
Юпитер	ημέρα Διός день Диоса (Зевса)	dies Jovis	Giovedì	Jueves	Jeudi	Thursday день Тора – бога грома
Венера	ημέρα Αφροδίτης день Афродиты	dies Venēris	Venerdì	Viernes	Vendredi	Friday день Фригги (Фрейи) – богини Земли и любви
Сатурн	ημέρα Κρόνου день Хроноса	dies Saturni	Sabato	Sábado	Samedi	Saturday
Солнце	ημέρα Ηλίου день Гелиоса	dies Solis	Domenica	Domingo	Dimanche	Sunday

Само по себе влияние вавилонской астрономической традиции оказалось столь сильным, что семидневная неделя распространилась среди народов Закавказья, древних индусов, китайцев и даже проникла в Японию.

# Устройство мира у досократиков

К сожалению, мы очень мало знаем о космологических (да и любых других) взглядах первых греческих философов. Из всех работ досократиков сохранились лишь некоторые фрагменты, причем от многих философов – совсем ничего. Если не считать отдельных намеков у Платона, то лишь Аристотель оставил нам достаточно подробное описание физических теорий своих предшественников, однако почти со всеми из них он полемизирует (заочно), а потому нам следует относиться к его словам с известной долей осторожности. Ученик и приемник Аристотеля Теофраст написал менее предвзятую книгу по истории физики, однако этот труд, хоть и пользовался немалой популярностью, но до нас тоже не дошел. К счастью более поздние авторы переписывали у Теофраста целые куски, вставляя их в свои книги о древних философах, и потому кое-что все же сохранилось. Различные собрания биографий и мудрых высказываний массово создавались, начиная уже с I века нашей эры, поскольку у образованной публики, очевидно, имелся спрос на подобную литературу. Впрочем, об уровне этих трактатов можно судить по самому известному из них – «О жизни, учениях и изречениях знаменитых философов» Диогена Лаэртского. Этот автор жил во II-III веках нашей эры (через шесть-

сот лет после Платона), и оставил нам 82 биографии, в которых особое внимание уделяется различным казусам и занимательным случаям. В философские тонкости Диоген вникал неглубоко, а часто вообще плохо понимал, о чем пишет.

Другой более серьезный сборник «Мнения философов», ошибочно приписываемый Плутарху, излагает различные воззрения на все мыслимые вопросы и проблемы: от метафизики до эмбриологии животных. Когда в V веке нашей эры византиец Стобей создавал свои «Эклоги по физике», то очень многое просто переписал из «Мнений философов», хотя богато использовал и другие источники. Ранние христианские авторы тоже не считали зазорным заимствовать целые отрывки из ранних греческих текстов, чтобы, разоблачив их нелепость, пополучить оружие против ересей и язычества.

Из сказанного становится понятно, что очень непросто восстановить истинные взгляды досократиков.

Как бы то ни было, но первые греческие мыслители хоть и отрицали прямое участие персонифицированных богов, но предлагали в основном такие варианты мироустройства, которые немногим отличались от древних религиозных воззрений. Причем, если олимпийские мифы обычно отвергались, то существование неких абстрактных высших существ зачастую, хоть и не всегда, вполне допускалось.

Иониец Фалес полагал, что Земля подобна деревянно-

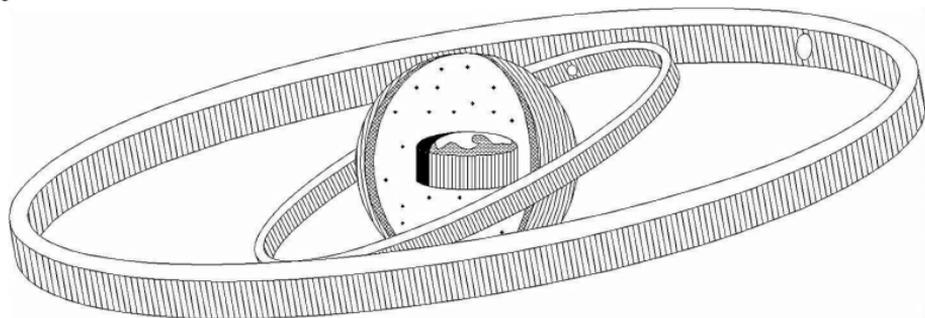
му диску, который плавает в огромном океане, являвшимся источником всего сущего. Если воды океана волнуются, то на суше происходят землетрясения. Сверху мир ограничен небесным сводом, а о нижней части вселенной ничего не говорится, поскольку, видимо, вода, как первоначало, не нуждается ни в какой опоре. Куда перемещаются звезды в дневное время – тоже неясно, и это кажется, мягко говоря, странным, ведь едва ли этот вопрос не волновал Фалеса, который, если верить Ксенофану и Геродоту, сумел предсказать солнечное затмение (оно действительно произошло). Правда Аристотель, как и многие другие писавшие об астрономии, не упоминают этого прогноза, либо же сообщают о нем крайне двусмысленно. В любом случае в те времена Фалес мог лишь воспользоваться какими-то знаниями, полученными от египетских жрецов или халдеев, которые хоть и умели вычислять даты затмений с некоторой приемлемой точностью (с погрешностью в несколько дней или недель), но едва ли могли точно рассчитать фазу затмения для любой местности. Видимо, Фалесу просто повезло, и он заслужил у соотечественников прочную славу великого мудреца, хоть и придерживался крайне примитивных взглядов на устройство космоса.

На самом деле многие древние философы любили приписывать себе различные предсказания задним числом, а эллины зачастую называли мыслителей прошлого авторами самых разных открытий, которые стали известны намного поз-

же. Пожалуй, самое важное из того, что Фалес сделал для астрономии – это сменил парадигму. Вместо вопроса «кто устраивает затмение?», он попробовал разобраться в том, «почему происходит затмение?» Считается, что Фалес будто бы уже знал, что Луна иногда заслоняет Солнце, освещается его светом и временами затемняется сама, попадая в земную тень. Сложно сказать, действительно ли Фалесу было об этом известно, но даже само желание греков перенести возникновения данного знания в глубокое прошлое говорит о многом.

Последователь Фалеса иониец Анаксимандр мало продвинулся в том, что касается вопросов космологии. Его Земля была плоским или слегка выпуклым цилиндром с высотой равной трети от ширины. Этот цилиндр пребывал в равновесии в самом центре мира и потому не имел причин смещаться куда-либо еще. Небеса окружали атмосферу огненным шаром (вероятно, имелось в виду не совсем такое же пламя, какое горит в печке), образуя ряд слоев, между которыми расположены различные светила: звезды ближе всего к нам, Солнце – дальше всего, а Луна – посередине. Здесь мы сразу же понимаем, что к тому времени греки еще не накопили почти никаких наблюдений за небом (а значит, и у Фалеса их наверняка не было), ведь Луна регулярно закрывает то одну, то другую яркую звезду, а потому никак не может располагаться позади них. Зато Анаксимандр приводил размеры космоса, не объясняя, впрочем, откуда получил свои

цифры. Так, Луна сияет собственным светом и представляет собой отверстие в огромном наполненном огнем колесе, диаметр которого в девятнадцать раз больше диаметра Земли. Солнце устроено аналогично, причем диаметр его колеса в зависимости от сохранившегося источника либо в 27-28, либо в 513 раз больше диаметра Земли, а расположено оно под углом к лунному колесу. Затмения происходят тогда, когда какое-либо отверстие временно загораживается другим колесом. Звезды являли собой отверстия на особой сфере, но не совсем понятно, как она могла пропускать свет Солнца и Луны, однако же, не пропускать – свой собственный. Также неясно, как лунное колесо могло не вызывать дважды в год продолжительных солнечных затмений, хотя нет информации – вращались ли эти колеса вообще. Вероятно, Анаксимандр не продумывал свою конструкцию столь глубоко, просто предлагая некую систему, которая хоть как-то вне контекста олимпийской религии объясняла немногие известные ему явления.



Еще один иониец – Анаксимен – тоже рассуждал сход-

но со своими предшественниками. Широкая плоская Земля лежит как крышка на воздухе, плотно прилегая краями к кристаллическому небосводу, на котором будто бы гвоздями приколоты звезды. Весь этот купол поворачивается подобно шапке вокруг головы, а вот Луна, Солнце и планеты суть подобные Земле плоские тела, движимые космическими ветрами, причем Солнце светит потому, что раскалилось от чересчур быстрого полета.

Ионийские мыслители сделали лишь первые наивные шаги в сторону рационального осмысления устройства вселенной. Другие ранние греческие мыслители продвинулись так же недалеко. Поэт и философ Ксенофан писал, что плоская Земля бесконечна, как и воздух над ней. Солнце, звезды и другие небесные тела образовались из влажных испарений и воспламенились от движения, которое лишь кажется круговым, но на самом деле является строго прямолинейным. Солнце и звезды гаснут после заката, а затем каждые сутки образуются вновь из отдельных огненных частиц. Луна является сжатым светящимся облаком, которое гаснет раз в месяц. Причем для каждого климатического региона существуют отдельные Солнце и Луна. Всё сказанное представляется совсем уж примитивным и нелепым, однако едва ли Ксенофан вообще пытался сформулировать стройную и согласованную космологическую теорию. В действительности он прямо писал, что никакая определенность в данном во-

просе просто-напросто недостижима.

Несколько дальше пошел Парменид из Элеи, отказавшийся сводить всё к единому первоэлементу и считавший, что достижение истины невозможно ввиду несовершенства наших органов чувств. Логически заключалось, что бытие (то, что существует), должно являться совершенным со всех сторон, подобно шару. Отсюда делался вывод, что и Земля имеет шарообразную форму. Теофраст сообщает, что именно Парменид первым сделал это открытие, хотя не совсем ясно, использовались ли тут какие-либо аргументы кроме метафизических и эстетических. Греческие мореплаватели, безусловно, уже знали, что вид ночного неба меняется при путешествиях на юг к Африке и на север по Черному морю: звезды смещаются по небосводу, некоторые и вовсе становятся невидны, зато появляются новые. Нельзя было не отметить и разную продолжительность дня на разных широтах, равно как и изменения климата. Последний факт явно был известен Пармениду, поскольку он говорит о поясах с различной погодой, причем в центральном настолько жарко, что он совершенно необитаем. А вот об упомянутых астрономических наблюдениях не сообщается ничего. Зато у Парменида мы впервые встречаем описание Вселенной как стройной системы концентрических сфер – конструкции, от которой человечество не сможет отойти еще очень долго. Твердый наружный слой определяет границу для хода звезд, затем идут вложенные слои сперва Венеры – вечерней и утренней звез-

ды, – затем последовательно Солнца, Луны и звезд (тут мы вновь встречаем уже знакомую нам ошибку, которая говорит о том, что эллинские философы были малосведущи в астрономии). Полагалось, что Луна имеет равный Солнцу размер, но холодна и светит отраженным светом. В центре мира помещалась Земля, которая остается на месте, поскольку не имеет причин к выраженному движению в каком либо направлении, ведь в сферическом мире все пути равнозначны (классический аргумент для античной мысли). Весьма вероятно, что Парменид придал своей Земле форму шара лишь для того, чтобы она стала подобна общей сферической картине всего бытия.

Философский антагонист Парменида – Гераклит из Эфеса – хоть и создал достаточно прогрессивное диалектическое учение, но в вопросах космологии придерживался взглядов, напоминавших египетские и вавилонские мифы. Земля Гераклита, судя по всему, была плоской, а Солнце и Луна представляли собой влажные испарения, собранные в небольших перевернутых чашах. Утром эти чаши поднимались из моря, и испарения в них воспламенялись, а вечером после погружения в воду – гасли. Маленькое, размером с человеческую стопу Солнце сияло ярче Луны, так как двигалось выше в более чистом воздухе. Звезды же располагались достаточно далеко и потому казались тусклыми. Затмения объяснялись тем, что чаши иногда поворачивались, а смена дня и ночи, а также времен года – соотношением светлых, темных, холод-

ных и горячих испарений в воздухе.

Не менее причудливыми являлись и взгляды сицилийца Эмпедокла. Он полагал, что Вселенная представляет собой сферу (не совсем идеальную, и скорее напоминающую яйцо) из хрустального затвердевшего воздуха, к которой обычным воздухом прижаты огненные звезды. Планеты также состоят из огня, но при этом свободно блуждают в пространстве. Луна же является подвижным плоским диском в основном из сгущенного воздуха, который освещается Солнцем и иногда затмевает его. Небесная сфера состоит из двух полушарий – светлого огненного и темного воздушного, – и ее вращение вокруг плоской Земли объясняет смену дня и ночи. Само же Солнце есть лишь отражение огненного полушария на хрустальном своде. Движение небес приводит к образованию воздушного вихря, который удерживает Землю в центре мира, словно воду во вращающемся кубке. Но это же самое смещение воздуха наклонило Землю, и поэтому небесная ось не перпендикулярна линии эклиптики, хотя раньше это было не так. Вселенная Эмпедокла вообще не статичная, в ней происходят постоянные изменения. Когда начинает преобладать воздух, то увеличивается холодное полушарие и наступает зима, а когда приходит очередь расшириться огненному полушарию – приходит лето. Эти циклические процессы на небесах заставляют Солнце смещаться южнее или севернее в зависимости от времени года, а также совершать поворот во время солнцестояний. Населенная людьми Земля

полна зла, но оно не поднимается выше луны, которая расположена на одной треть расстояния до хрустальной границы мира.

Хоть греки довольно плохо понимали вращательно движение, но само по себе оно казалось античным мыслителям весьма плодотворной концепцией. Так, атомист Демокрит учил, что за счет притяжения и смещения различных атомов в бесконечной пустоте образовалось множество миров-вихрей, которые претерпевают постоянное изменение – теряют атомы, либо же поглощают новые. А иногда даже сталкиваются и погибают. Земля сформировалась из самых тяжелых атомов, которые постепенно сместились в самый центр вихря. Звезды же, наоборот, образовались из легкой оболочки, которая постепенно истончалась от вращения и, в конце концов, разделилась на влажные сгустки, которые со временем высохли и воспламенились. Вокруг Земли собрались относительно тяжелые атомы воды, а выше остались воздух и огонь, после которых начинается небо. Несмотря на общую сферичность описанной структуры, Демокрит продолжал считать Землю плоской, и неподвижной относительно центра мира, поскольку у нее нет никаких причин предпочесть движение в какую-либо сторону любому другому. Впрочем, неравномерность распределения массы на земном диске привела к тому, что он наклонился к югу относительно северного небесного полюса. Небесные тела расположены в порядке уменьшения скорости движения относительно

звезд: ближе всего Луна, затем Венера, Солнце (кусоч горячего железа или булыжника) и другие планеты, причем все они не падают, так как этому препятствует центробежная сила. Вообще, Солнце и Луна – это небольшие Земли других миров, которые когда-то давно столкнулись с нашим и были поглощены им. Млечный Путь же – скопление тусклых звезд, и эта догадка является одним из самых замечательных озарений Демокрита.

# Первые попытки использовать геометрию в астрономии. Анаксагор

Эмпедокл и Демокрит жили и творили в условиях непримиримой борьбы – военной, экономической и интеллектуальной – между Азией и Европой, когда в V столетии до нашей эры Афины Перикла, озаренные гением Фидия, Эсхила, Софокла и Еврипида, стали центром греческой цивилизации. Этот блестящий век завершится тяжелейшим поражением города и казнью Сократа, однако все это время факел афинской мысли сиял с огромной силой.

Первым значимым философом Афин стал иониец Анаксагор, перебравшийся туда около 456 года до нашей эры и благодаря своей мудрости быстро вошедший в близкий круг первого гражданина Перикла. Не соглашаясь ни с ранними натурфилософами, ни с Эмпедоклом и атомистами, но объединив многие их взгляды, Анаксагор полагал, что изначально существовала неподвижная смесь всех элементов с присущими им качественными отличиями, а затем некая действующая сила – Ум – предала материи вращательное движение, сформировав наблюдаемый сегодня мир. В возникшем вихре горячий легкий эфир отошел на периферию, а холодные и тяжелые элементы воздуха сгустились в центре, сформировав воду, которая частично замерзла в камень, а частично

затвердела от солнечного тепла и превратилась в почву. Ядро космоса, то есть наша Земля, является неподвижной лепешкой и поддерживается скопившимся под ней воздухом, в то время как эфирная оболочка продолжает вращаться и даже может отрывать выступающие края земного диска, унося их вслед за собой и нагревая трением о воздух. Солнце является наибольшей из таких глыб и представляет собой раскаленный кусок железа. Солнцевороты же объясняются тем, что эту горячую глыбу отталкивает нагретый ею же воздух. Аналогичные процессы происходят и с Луной, только не ежегодно, а в силу иного ее состава – ежемесячно. Каким образом влияние огромных масс воздуха способно вызывать столь строгое и периодичное движение небесных тел – никак не пояснялось. Наклон небесной оси относительно экватора и вовсе полагался результатом спонтанного поворота земного диска, который произошел специально, дабы возникли различные климатические зоны для разнообразных живых существ.

С другой стороны Анаксагор уже понимал, что Луна шарообразная, шершавая и светит отраженным светом. Когда в самом начале Пелопоннесской войны в Афинах среди бела дня наступила полная темнота, то жителей города обуял суеверный ужас, но Перикл вышел к народу и объяснил, что сейчас новолуние и Луна просто-напросто оказалась между Солнцем и Элладой. Эти, полученные от Анаксагора знания, позволили успокоить людей и объяснить им, что затмение не

является предупреждением богов или недобрым знамением.

С другой стороны, если особенности движения Солнца и Луны объяснялись у Анаксагора чисто метеорологическими причинами – влиянием нагретой атмосферы, – то неравномерность в движениях планет, похоже, вообще никак не комментировалась, хотя о «блуждающих звездах» уже было известно. Более того, Анаксагор первым из греков заключил (или же просто повторил за вавилонянами), что небесные тела расположены в следующем порядке: Луна, Солнце, а за ними остальные планеты (эту последовательность переняли затем Платон и Аристотель, а вслед за ними и вся остальная греческая мысль). Впрочем, нет никаких доказательств, что Анаксагор действительно выделял все пять известных на Востоке планет. Появление комет он объяснял тем, что две планеты иногда сближаются и оттого кажутся необычайно яркими, однако же, столь наивное мнение могло возникнуть лишь у человека, который никогда не занимался серьезным наблюдением за небом: кометы часто видны вместе со всеми другими планетами. Также Анаксагор почему-то считал, что некоторые (совершенно неясно – какие именно) затмения возникают из-за дополнительных темных небесных тел, которые расположены еще ближе к нам, чем Луна. Сложно сказать, говорит ли всё это об общем астрономическом невежестве всех эллинов того времени, либо же просто о том, что от философов тогда не требовали глубоких знаний о небе.

Так или иначе, но у Анаксагора мы наблюдаем причуд-

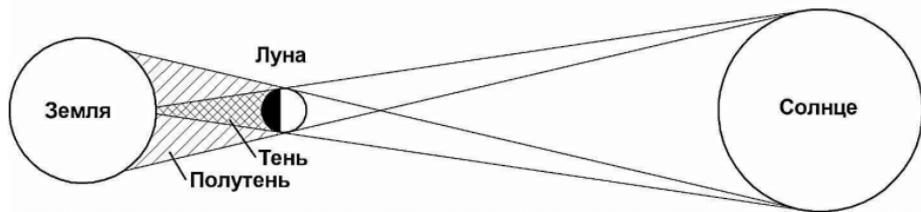
ливую смесь механистических и фантастических аргументов, хотя некоторые из них выглядят достаточно убедительно. Например, он полагал, что оторванные от Земли звезды и планеты не падают обратно из-за того, что их удерживает вращательная сила, а когда они заходят, то просто продолжают свое движение под земным диском. Тем не менее, какие-либо дополнительные причины все же могут сталкивать их с кругового пути, и тогда звезды падают обратно. Когда в 467 году у реки Эгоспотамы упал крупный метеорит, то Анаксагор объявил это явным доказательством своих слов, а позднее даже заявил, что предсказал данное событие. Разумеется, такой прогноз был невозможен, но мы не знаем точно, что именно утверждал Анаксагор, и, быть может, речь шла лишь о самой возможности падения камней с неба.

Поскольку метеорит упал днем, то Анаксагор заключил, что камень откололся от Солнца, которое, следовательно, расположено не очень далеко от Земли, а, значит, не может быть особенно большим. Заинтересовавшись размерами Солнца и Луны, Анаксагор решил узнать ширину лунной тени во время солнечного затмения. Вероятно, по умолчанию полагалось, что равенство угловых размеров (случайное совпадение, не вытекающее ни из каких законов небесной механики) гарантирует и одинаковость линейных размеров. В те времена было трудно организовать одновременные астрономические наблюдения в различных греческих городах, но можно было опросить моряков, прибывших в афинскую га-

вань: видели ли они затмение, где именно его наблюдали, и какая часть солнечного диска была закрыта. Обобщив все услышанное, Анаксагор выяснил, что лунная тень накрыла весь Пелопоннес целиком (это достаточно точная и верная оценка), а, значит, и Солнце с Луной имеют размеры чуть большие, чем Пелопоннес (а вот это абсолютно неверно).



Схема солнечного затмения по Анаксагору (слева) и условная реальная схема солнечного затмения (снизу, не в масштабе); в обоих случаях ширина тени получается одинаковой



Не менее интересна и гипотеза Анаксагора, объясняющая Млечный Путь. Философ полагал, что это просто та область ночного неба, которая закрыта земным диском от солнечных лучей. В самом деле, днем мы не видим никаких звезд, поскольку этому мешает яркий солнечный свет, а ночью основная часть неба все равно частично освещается Солнцем, и оттого нашему зрению доступны лишь отдельные наиболее яркие звезды. Зато та часть неба, куда солнечный свет не попадает вовсе, светится особенно ярко. Данная теория на первый взгляд выглядит вполне механистично и даже «научно», однако едва ли Анаксагор хотя бы просто сопоставил пред-

полагаемые размеры Земли и Солнца с видимыми угловыми размерами Млечного Пути. Также никак не объяснялось, почему он всегда занимает одну и ту же область небосвода, а не перемещается вслед за движением Солнца, и на это явное несоответствие указывал уже Аристотель. Очевидно, что Анаксагор даже не пытался совместить свои измышления с наблюдаемыми явлениями, но лишь стремился отыскать условно рациональные гипотезы.

Несмотря на все сказанное, наиболее важной философской идеей Анаксагора является отрицание принципиальных отличий между земной и небесной физикой. Постулировалось существование некоего высшего Ума, но светила и планеты лишались всякой сверхъестественной сущности. Звезды Анаксагора были простыми камнями, а испещренная горами и долинами Луна, возможно, даже была обитаемой. Пифагорейцы и Платон, напротив, наделяли планеты почти божественными свойствами, а Аристотель резко разграничивал изменчивый подлунный мир и неизменное вращение высших эфирных сфер. Лишь атомисты в какой-то мере продолжили развивать взгляды Анаксагора (он являлся старшим современником Демокрита).

Афиняне, однако же, не оценили прогрессивных идей своего современника. Когда политические противники Перикла начали серию судебных процессов против его друзей и соратников, то Анаксагора обвинили в безбожии, за то, что он называл бога Гелиоса огненной глыбой. Нельзя утверждать,

будто все жители города считали подобные утверждения серьезным преступлением, однако для судей этого оказалось достаточно: Анаксагора признали виновным, приговорили к изгнанию (либо же это был побег от еще более сурового наказания), и остаток жизни он провел в богатом торговом городе Лампсаке, где к мудрецу относились с немалым уважением.

# Слабость философского подхода в вопросах астрономии

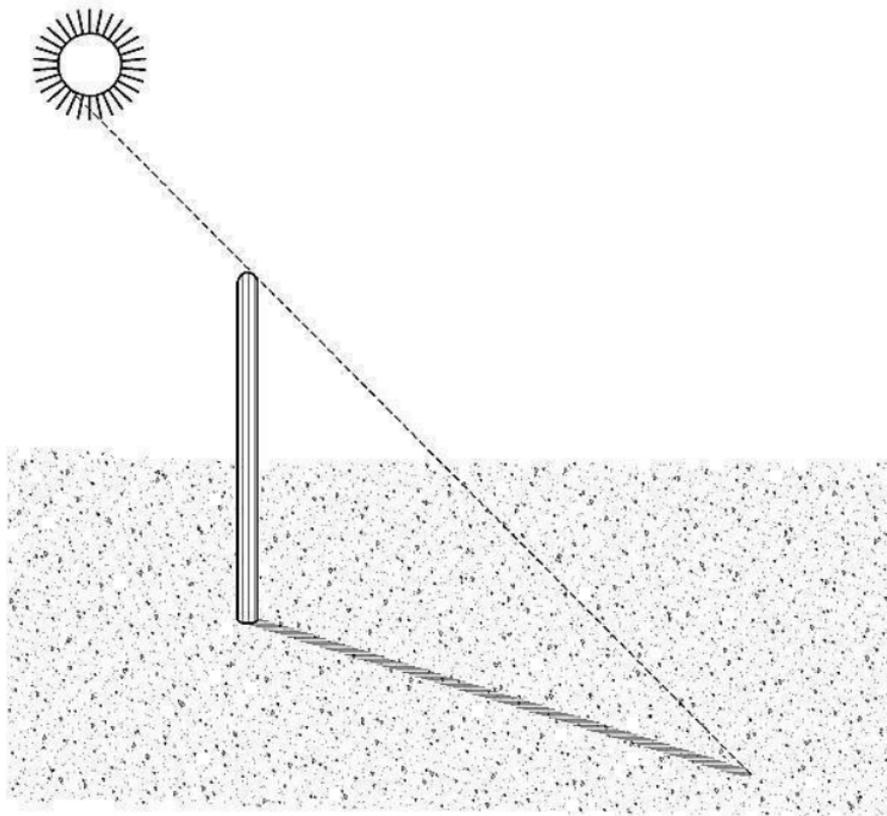
Все перечисленные выше взгляды греков на устройство мироздания имели одну общую черту: они являлись фундаментом целой философской системы, но при этом опирались на чрезвычайно скудный набор знаний о небе. Шумеры и египтяне, напротив, не претендовали на глубокое понимание того, как устроена вселенная, хотя и разбирались в астрономии куда лучше эллинов. Мы, однако, уже видели, что греческая мысль развивалась отнюдь не из потребности объяснить мир, но скорее для того, чтобы приспособить натурфилософию к социальным запросам общества и отдельных его классов. Эллада пока еще мало нуждалась в хороших астрономах, поэтому любой, даже самый нелепый, механизм функционирования космоса оказывался хорош, если не требовал прямого участия олимпийских богов. Этот вполне здравый критерий имел, тем не менее, и обратную сторону – греческие мыслители не понимали толком, что именно им необходимо объяснять, а потому впадали в противоречия с фактами даже по основным вопросам. Не требовалось обладать большим умом, дабы понять всю неубедительность описанных концепций. Это дискредитировало натурфилософию как область интеллектуальной деятельности, и способ-

ствовало тому, что авторитетом стали пользоваться те люди, кто убедительно говорил и не допускал логических ошибок. Устанавливать истину при этом оказывалось необязательно. Такими людьми были софисты, но не только лишь они одни.

Впрочем, астрономия все же была слишком полезна в мореходном деле. Кроме того организация земледельческих работ и хозяйственной жизни полисов требовала точных календарей, и поэтому небо продолжали изучать. К этому вопросу подключились многие греки, не ставившие себе целью создать философскую школу или сделать политическую карьеру, но желавшие лишь разобраться в движениях звезд и светил. Для этого потребовались специальные инструменты.

# Гномон

Настоящая научная астрономия началась с изобретения гномона – простого устройства, представляющего собой вертикальный стержень, установленной на ровной освещаемой солнцем плоскости (для начала подойдет даже воткнутая в землю палка). Некоторые источники приписывают это изобретение Анаксимандру, но есть данные, что гномон был известен уже вавилонянам. В любом случае, важно не первенство само по себе, а то, как данным приспособлением удавалось воспользоваться, поскольку гномон, несмотря на кажущуюся примитивность, позволяет сделать очень многое.



Первое и самое очевидное – теперь можно легко определить точное время наступления полудня, ведь в этот момент солнце поднимается максимально высоко, и всё, что нужно, это заметить, когда тень гномона окажется самой короткой. Но это далеко не всё. К северу от тропиков в полдень солнце находится точно на юге, а значит, в этот момент тень гномона указывает направление на север. Теперь уже можно разметить площадку под гномоном на все стороны света и по-

лучить стационарный компас: взять его с собой в дорогу не получится, но теперь для ориентации на местности необходимо лишь воткнуть стержень в землю и дождаться полудня (лишь бы погода не была пасмурной).

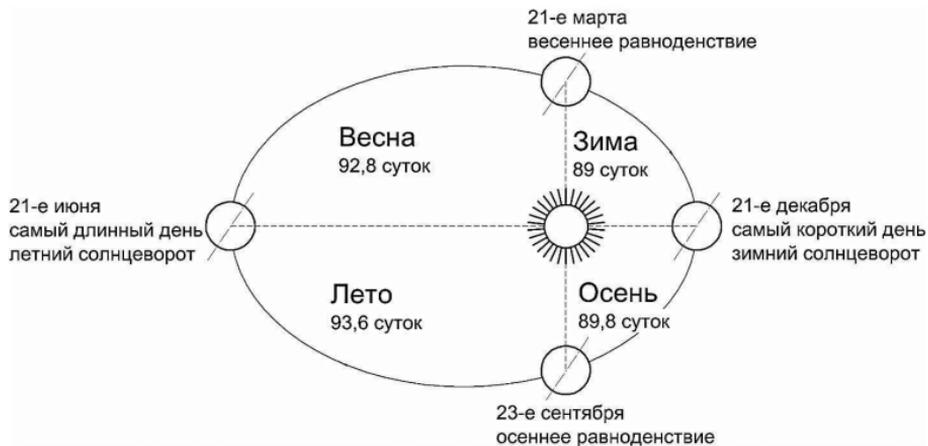
Если проводить наблюдения с одним и тем же гномоном на протяжении многих дней, то он может служить и календарем. В самом деле, весной и летом восход солнца происходит севернее направления на восток, а осенью и зимой – южнее. Если же на рассвете тень гномона указывает точно на запад, то сегодня день одного из двух равноденствий, и обычно любой человек может легко понять какого именно: весеннего либо осеннего. В день летнего солнцестояния полуденная тень гномона окажется самой короткой за весь год, а в день зимнего – самой длинной.

# Солнечное неравенство. Времена года

Уже в 432 году до нашей эры математик и астроном Метон установил на одной из афинских площадей большой гномон, а его ближайший сподвижник Евктемон (старший современник Сократа), пронаблюдав несколько солнцестояний, установил продолжительность года в 365 и  $5/19$  суток, а также выяснил, что длительность различных времен года неодинакова. Последний факт оказался совершенно неожиданным и никак не мог быть объяснен, если полагать, будто Солнце движется вокруг Земли (или Земля вокруг Солнца) по правильной окружности, ведь тогда все времена года обязаны иметь совершенно одинаковую продолжительность. До XVII века астрономы не смогли предложить никаких внятных объяснений данному явлению, пока Иоганн Кеплер не понял, что скорость обращения Земли вокруг Солнца непостоянна: Земля движется по эллиптической орбите и ускоряется по мере приближения к Солнцу, а затем замедляется при удалении от него. Впрочем, Кеплер еще не понимал физического содержания своих законов, обнаружить которое удалось лишь Исааку Ньютону еще через сто лет.

Для нас пока что будет достаточным указать, что из-за эллиптичности земной орбиты осень в северном полушарии

продолжается приблизительно 89,8 суток, зима – 89 суток, весна – 92,8 суток, а лето – 93,6 суток. На эпоху V века до нашей эры, когда жил Евктемон, эти цифры несколько отличались, но его наблюдения были в любом случае неточны и содержали погрешности до 2,2 дней.



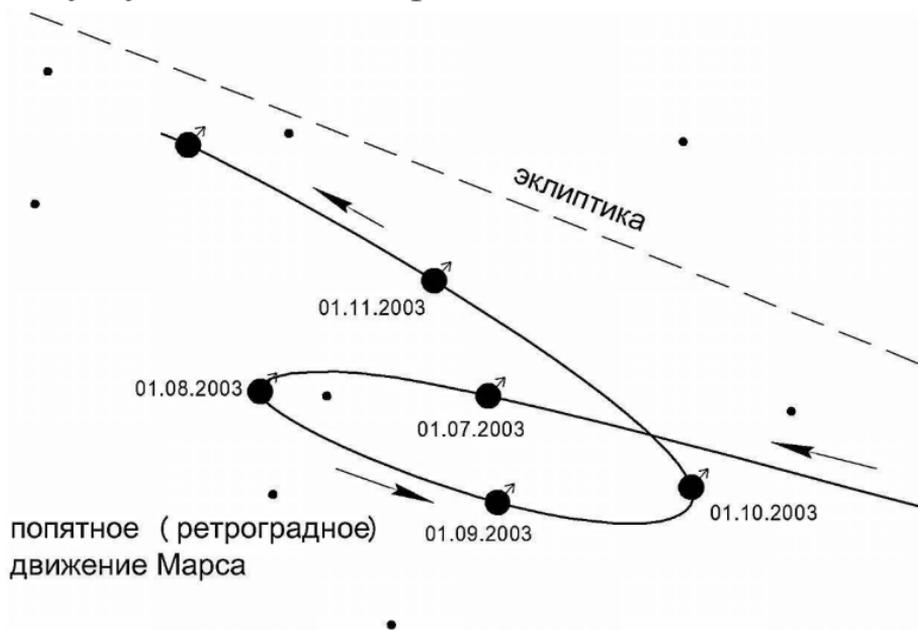
На примере гномона мы видим, как простое техническое приспособление, созданное, несомненно, с сугубо практической целью, дало возможность совершить научное открытие фундаментальной важности, пусть даже осознать его значимость удалось далеко не сразу. Отметим еще, что солнечные часы отличаются от гномона лишь тем, что их стержень устанавливается не вертикально, а параллельно земной оси. Тень такого стержня каждый день будет указывать в одном и том же направлении в одно и то же время, поэтому такое устройство и возможно использовать в качестве часов, но календарем они служить не могут.

# Особенности движения планет

Постепенно за счет непрерывных наблюдений греческие знания о космосе увеличивались, кроме того некоторые сведения удавалось получить и от других народов. Так, уже вавилоняне и египтяне знали, что кроме обычных звезд есть и пять особенных, которые не только совершают ежедневное вращение с востока на запад вместе со всей небесной сферой, но, подобно Солнцу и Луне, медленно перемещаются по зодиаку с запада на восток. Эллины называли такие блуждающие звезды планетами (от греческого *πλάνης* – «странник»), и нарекли их Гермесом, Афродитой, Аресом, Зевсом и Кроносом. В мифологическом восприятии планеты буквально являлись богами, хотя едва ли так действительно считали все греки. Римляне, усвоившие олимпийскую религию, перевели названия планет именами своих собственных богов: Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн.

Движение планет по зодиаку происходит с различной скоростью: Меркурий и Венера совершают оборот ровно за год, Марсу на это требуется 1 год и 322 дня, Юпитеру – 11 лет и 315 дней, а Сатурну – целых 29 лет и 166 дней. Данные цифры кажутся лишенными какой-либо системы, но и этого мало – скорость движения планет по зодиаку непостоянна. Иногда, независимо друг от друга, планеты меняют направление

движения, и некоторое время перемещаются в обратном направлении, однако вскоре вновь возвращаются к маршруту с запада на восток. В процессе такого попятного движения траектория планеты напоминает петлю. При этом ни у Солнца, ни у Луны подобных странностей не наблюдается.



Без особого преувеличения можно утверждать, что почти вся современная наука (даже никак не связанная с астрономией) возникла из попыток понять причины ретроградного движения планет. Поиск верного ответа занял у человечества около двух тысяч лет, однако одну из первых теорий, которая в общих чертах могла объяснить основные небесные процессы, предложили еще пифагорейцы.

# Математика, музыка и астрономия

Последователи Пифагора полагали, что всё в этом мире описывается числами, которые являются сутью любого явления природы. Столь далеко идущий вывод был сделан во многом на основании того, что музыкальную гармонию оказалось возможным строго описать упорядоченными числовыми интервалами. В этом открытии соединялись одновременно физика (звук), математика (числовые пропорции) и эстетика (музыкальная красота). У людей с определенным складом мышления не возникло никаких сомнений, что обнаружен базовый принцип устройства мира – все вещи суть числа.

Астрономия прекрасно подходила для разного рода математических построений, ведь движения звезд и планет происходят с определенной регулярностью, и лишь немногие отдельные события, вроде появления комет, требуют отдельного объяснения. Впрочем, для греков (как, и для большинства других людей) эстетический критерий оказался наиважнейшим: априори полагалось, что космос прекрасен и упорядочен. С этим многие соглашались, однако данный тезис вносил лишь путаницу, поскольку никто так и не сумел предложить общепринятого критерия для измерения и подсчета красоты. Поэтому вместо поиска математических соотно-

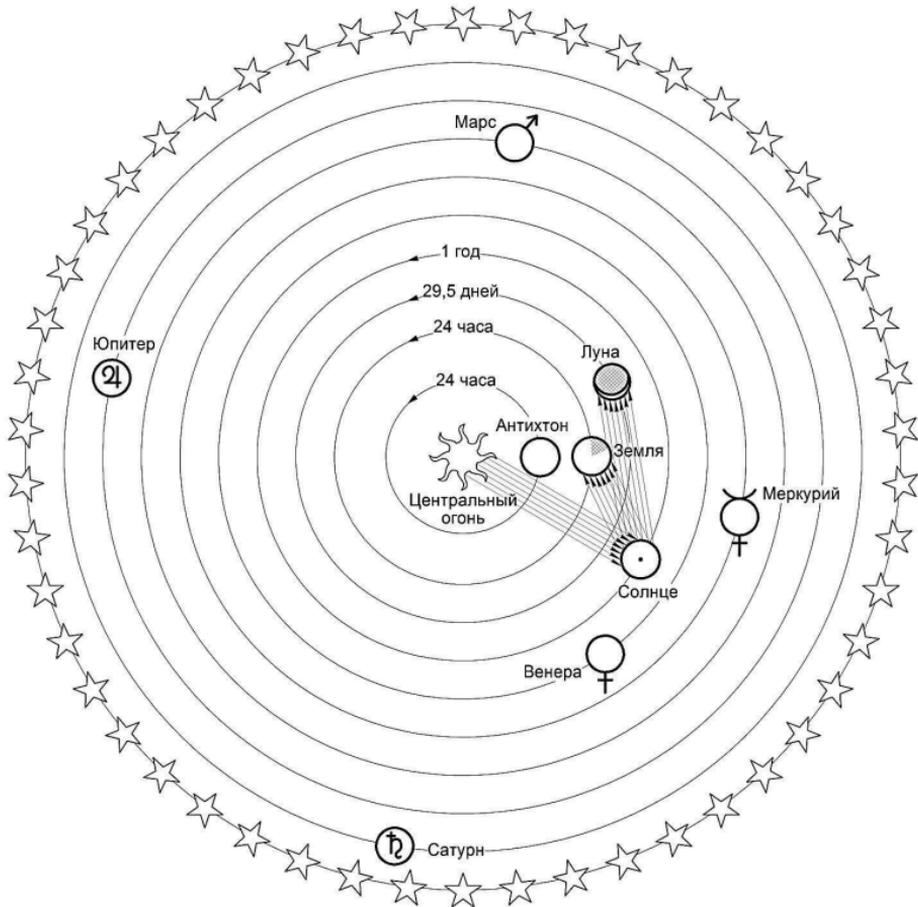
шений, которые достаточно точно описывали бы реальные физические процессы, античная мысль попыталась загнать явления природы в рамки заранее определенных геометрических форм, которые измышлялись исходя из взглядов того или иного философа на прекрасное. Чаще всего красивейшей фигурой полагали круг и шар, приписывая им различные мистические свойства. Попытки отдельных астрономов «спасти явления», то есть подогнать предлагаемые модели Вселенной к действительности, воспринимались скорее с пренебрежением, и оценивались в первую очередь по их согласованности с общей идеальной конструкцией. Красивые модели оказывались неточны, а более точные – некрасивы, и выбор всегда осуществлялся не в пользу точности.

Движением греческого неба управляла гармония, а периодические вращения планет и звездной сферы издавали звуки различной частоты, которые складывались в особую музыку сфер. Обычный человек не ощущает эту космическую музыку, поскольку слышит ее с самого рождения и попросту привыкает к ней. Утверждалось, что Пифагор был единственным из смертных, чей слух мог различать звуки планет. Вообще говоря, в более поздние времена Пифагор (он сам не оставил никаких текстов), имел легендарный почти божественный статус, и его задним числом делали автором многих открытий, которые впоследствии стали общепризнанными фактами. Различные античные источники приписывали Пифагору сам термин «космос», а также учение о том, что

Земля расположена в центре сферического мира, сама имеет форму шара (скорее всего Пифагор об этом знал, но едва ли пришел к такому выводу сам) и населена со всех сторон, причем у неё имеются различные климатические пояса. Также заявлялось, будто бы Пифагор первым открыл, что утренняя и вечерняя звезда – это одно и то же небесное тело, что Луна светит отраженным светом, что небесный экватор наклонен относительно земного, а планеты движутся по своим отдельным орбитам. Другие поздние античные авторы отдают авторство данных открытий каким-то иным людям, а очень обстоятельный в плане источников Аристотель вообще не упоминает Пифагора в своем труде «О небе» (речь всегда идет лишь о некоторых абстрактных пифагорейцах). При этом нужно понимать, что живший в IV веке до нашей эры Аристотель (на двести лет позже Пифагора) – это достаточно ранний источник, поскольку многую информацию мы черпаем лишь от авторов эллинистической и даже римской эпохи, которые писали через пятьсот и даже почти через тысячу лет после жизни самого Пифагора. Несомненно, все эти писатели располагали какими-то недоступными нам сегодня текстами, однако достоверность многих фактов вызывает сомнения, тем более что многие из них попросту противоречат друг другу.

# **Космос пифагорейцев. Система Филолая**

Учение Пифагора стало широко известно в Элладе уже после разгрома его школы в Южной Италии, когда многие спасшиеся пифагорейцы покинули родные земли, спасаясь от политических преследований. Одним из таких людей был Филолай (современник Сократа), бежавший из Кротона и, в конце концов, поселившийся. Уже в Греции, Филолай написал книгу «О природе», в которой изложил основные взгляды пифагорейцев на устройство мира, однако нет никакой ясности, какие мысли принадлежат непосредственно самому Пифагору, а какие – его последователям.



Так или иначе, Филолай полагал, что Луна, Солнце, все известные планеты, а также Земля обращаются вокруг расположенного в центре мира вечного огня. Мы не видим данного огня, поскольку Земля всегда обращена к нему одной и той же стороной, а люди обитают на противоположной. Внешняя граница космоса представляет собой сферу объемлющего огня (или Олимп), представленного множе-

ством звезд, за которыми находится бесконечное пространство воздуха, дающего дыхание миру. Суммарно Земля, Луна, Солнце, пять планет и сфера звезд дают лишь девять небесных объектов, а пифагорейцам хотелось, чтобы их обязательно было десять (поскольку это совершенное число, которое можно представить как  $10 = 1+2+3+4$ ), поэтому Филолай добавил еще одну дополнительную планету – Противоземлю или Антихтон.

Непросто определить, каким образом последователи Пифагора пришли к такой странной системе мироздания. Видимо, Земля казалась им недостаточно идеальной, чтобы находиться в центре гармоничного Космоса, поэтому туда и был помещен очаг Вселенной или Центральный Огонь (он же – башня Зевса), вокруг которого по круговым орбитам перемещались прочие небесные тела. Несмотря на всю свою фантастичность, такая модель может довольно многое объяснить, хотя неясно, насколько глубоко ее прорабатывали с практической точки зрения.

В самом деле, кажется достаточно сомнительным, что огромная звездная сфера каждые сутки оборачивается вокруг неподвижной Земли. Конечно, можно предположить, что сама Земля вращается вокруг своей оси, но эта идея, видимо не понравилась Филолаю (если вообще пришла ему в голову), поскольку каких-то иных примеров подобного вращения пифагорейцы не знали. Более того – Луна совершенно точно не вращается, ведь даже невооруженным глазом

видно, что она всегда повернута к нам одной и той же своей частью. По аналогии получалось, что и Земля всегда обращена к Центральному Огню какой-то одной стороной, совершая вокруг него оборот за 24 часа. Такая схема легко объясняет кажущееся суточное вращение неподвижного звездного неба.

Луна совершает оборот вокруг Центрального Огня за 29,5 суток, а Солнце – за один год, но наблюдателю с быстро движущейся Земли кажется, что они восходят и заходят ежедневно. При этом в действительности (важнейший для пифагорейцев момент) все небесные тела равномерно вращаются в одинаковом направлении с запада на восток.

Десятая планета Антихтон всегда расположена строго между Землей и Центральным Огнем, то есть период ее обращения также составляет 24 часа, и потому она остается невидимой для нас. Также Противоземля закрывает Центральный Огонь от антиподов, которые, возможно, живут на противоположной стороне Земли. Сам Антихтон, вероятно был необитаем, а вот на Луне, по мнению Филолая, существовали растения и животные, причем они должны быть намного сильнее земных и иметь замедленный обмен веществ, ведь лунные сутки в 29,5 раз длиннее наших. Более отдаленные части космоса являли собой область строго упорядоченного движения, поэтому никакой жизни там существовать не могло.

Здесь нужно заметить, что в описанной системе будет еже-

дневно колебаться расстояние от Земли до Солнца и Луны, и это должно отражаться на их видимых размерах, которые в реальности практически никак не изменяются. Пифагорейцы, однако, учли этот момент и заключили, что расстояние от Центрального огня до Земли сравнительно невелико по сравнению с диаметром орбит Солнца и Луны, а потому изменение их угловых размеров попросту незаметны.

Само Солнце заимствует свет и тепло от Центрального Огня, а также от внешнего эфирного огня звездной сферы, и затем отражает либо рассеивает их. Причем орбита Солнца наклонена относительно земной, чем объясняется и его движение по зодиаку, и смена времен года. Луна же светит лишь отраженным солнечным светом, а лунные затмения случаются, когда она проходит через тень Земли или Противоземли.

Порядок пяти планет в системе Филолая ясен не до конца, поскольку его книга не сохранилась, а другие источники дают противоречивую информацию, причем некоторые авторы явно рассказывают о взглядах каких-то других пифагорейцев, помещавших в центр мира Землю или Солнце. Мы остановимся на том факте, что Платон безо всяких сомнений принимал следующую последовательность светил: Луна, Солнце, Венера, Меркурий, Марс, Юпитер и Сатурн. Весьма вероятно, что этот порядок был заимствован именно у Филолая, который являлся чуть ли не единственным источником пифагорейской мудрости для Платона.

Еще один спорный вопрос в системе Филолая – являлась

ли внешняя звездная сфера абсолютно неподвижной, либо же совершала какое-то очень медленное движение. Скорости обращения других небесных тел уменьшались по мере удаления от Центрального Огня, и некоторые поздние авторы полагали, будто и звезды, подобно всему божественному у пифагорейцев, обязательно находятся в движении. Более того, именно таким едва заметным движением можно было бы объяснить уже известное в те времена явление прецессии равноденствий. В самом деле, Пифагор вполне мог узнать у египтян, что их древние монументальные сооружения при строительстве были ориентированы строго по некоторым ярким звездам, однако теперь через столетия положение восхода и кульминации этих звезд изменилось. Вавилоняне также могли заметить, что положение Солнца в дни равноденствий и солнцестояний за века смещается по зодиаку. Однако на самом деле нет никаких данных, будто бы в то время пифагорейцы (да и греки вообще) знали о таких астрономических тонкостях, а система Филолая, похоже, никогда не использовалась для детального объяснения наблюдаемого движения небесных светил. Достаточно было и того, что описанная концепция давала качественную картину.

Смелая мысль о том, что Земля не обязана занимать центральное место во Вселенной, позволяла объяснить очень многое, но Филолай и его последователи не воспользовались преимуществами своего прозрения. Пифагорейцы являлись математиками, но при этом не занялись астрономическими

расчетами на базе своей модели мироустройства, а вместо этого ввели туда еще два дополнительных небесных тела – Центральный огонь и Противоземлю – существование которых не вытекало не из чего, кроме мистического увлечения числами. Неудивительно поэтому, что другие эллины отнеслись к описанной системе скорее как к курьезу или занятой игре ума, но не более того. Спустя два тысячелетия Коперник найдет у Филолая некоторое освященное авторитетом древности подспорье для своих собственных идей, но сами пифагорейцы уже в первой половине IV века до нашей эры начали отказываться от теории Центрального Огня. Так, Гикет Сиракузский первым высказал мысль о том, что движение звезд проще всего объяснить суточным вращением Земли вокруг своей оси. Эта мысль, безусловно, могла бы оказаться достаточно прогрессивной, однако Гикет одновременно учил, что все остальные небесные тела тоже неподвижны, а это полностью противоречило наблюдаемым фактам, и, очевидно, смущало многих греков, которые знали об астрономии хотя бы чуть-чуть больше пифагорейцев.

Еще позже, в эллинистически и римские времена, когда пифагореизм вновь стал популярным, его положения были пересмотрены в соответствии с требованиями общепринятой геоцентрической системы. Заведомо полагалось, что древние мудрецы не могли ошибаться, а потому Центральный Огонь стали понимать как некое тепло, расположенное в центре Земли и дающее ей жизненную силу. Для Проти-

воземли не удалось придумать похожей метафоры, поэтому ее попросту отождествили с Луной. Тут мы лишний раз можем убедиться в том, насколько пластичной была античная мысль, полагающая любые тексты, в том числе и натурфилософские, скорее разновидностью литературы (или религии), чем действительно научными трудами.

# Пути развития древней астрономии

Астрономия сама по себе может быть условно разделена на две подзадачи: определение положения светил на небесной сфере и выяснение устройства Космоса. Разумеется, в общем случае обе эти подзадачи должны соединяться в единое решение, полностью совместимое со всеми наблюдаемыми фактами, но никто не мешает пытаться решать их по-отдельности. Собственно, большую часть своей истории люди именно так и поступали: рассматривали вопрос с одной либо другой стороны, а проблема согласованности – как предлагаемых решений между собой, так и любого из них с реальными явлениями – считалась скорее второстепенной. Такой подход кажется нам, мягко говоря, странным, однако древние мыслители редко ставили перед собой цели, аналогичные тем, которые рассматривает современная наука. Для навигации по Средиземному морю совсем необязательно знать верный порядок расположения планет. Точно также и стремящийся постичь «высшую истину» философ будет опираться скорее на эстетические или этические критерии, которые попросту не могут (как мы теперь знаем) помочь определить, вращается ли Солнце вокруг Земли, либо же – наоборот.

О самом устройстве Космоса рассуждали с отвлеченных

позиций, желая предложить нечто взамен религии. Все рассмотренные нами модели Вселенной являются лишь небольшими частями общих философских концепций, предлагающих условные правдоподобные ответы сразу на все вопросы. Мы даже не всегда можем понять, насколько серьезно сами авторы относились к собственным гипотезам об устройстве мира. В диалоге Платона «Государство» Сократ объясняет, что царей-философов необходимо обязательно обучать астрономии, однако вовсе не потому, что составление точных календарей и звездных таблиц полезны для земледелия, мореплавания или военного дела. Настоящая причина заключается в том, что изучение астрономии тренирует человеческую душу постигать высшую истину одним лишь разумом, поскольку воспринимаемое умом всегда выше того, что видится чувствами.

Реальная астрономия при этом развивалась следующим образом. Для нужд античного мореходства и составления точных календарей вполне хватало простых многолетних наблюдений за небом, которые требовали лишь некоторой статистической обработки безо всякого проникновения в суть космических явлений. По-настоящему сложные задачи возникали только при составлении гороскопов. Астрологические прогнозы чаще всего оказывались неверными (понятно, что пророчества сбывались либо случайно, либо же из-за того, что составивший их человек использовал какую-то иную дополнительную информацию), и древние астрономы

видели причину в неточности своих расчетов. Вычисления действительно выполнялись весьма грубо и требовали постоянного уточнения математических и механических моделей устройства Вселенной. Надежность самих астрологических трактатов, основанных на древних поэмах и мифологическом символизме, оспаривалась намного реже. В любом случае, почти всем казалось совершенно очевидным, что звезды и планеты, безусловно, могут многое рассказать о судьбе — нужно лишь правильно растолковать их послания. Новые поколения математиков придумывали более сложные геометрические модели, учитывающие все тонкие нюансы движения светил, но мало кто настаивал на том, что эти громоздкие вычисления хоть как-то описывают реальное устройство мира. О самой Вселенной продолжали мыслить философски.

# **ГЛАВА ПЯТНАДЦАТАЯ. МУЗЫКА СФЕР**

## **Основные принципы астрономических исследований у греков**

Космическая система Пифагорейцев, хоть и была фантастической, однако предлагала какие-никакие геометрические и механические принципы устройства вселенной, а также отстаивала тезис о шарообразности Земли. После Филолая греческие мыслители уже не оперировали полностью мифологическими представлениями предыдущей эпохи, а, напротив, старались подогнать олимпийскую религию под новые идеи. Впрочем, развитие античной астрономии осложнялось многими причинами. Так, математический аппарат эллинов был в основном геометрическим, а физика не знала понятия силы и весьма противоречиво рассуждала о движении, которое, кроме прочего, обязательно разделялось на естественное и вынужденное. Небесные тела закреплялись на жестких вращающихся сферах, и такая конструкция

представлялась вполне разумной, хотя греки почти не понимали механики кругового движения. Простые наблюдения показывали, что у космических явлений как будто имеется некий порядок, и эллины практически не сомневались, что этот порядок воистину прекрасен – что бы это не означало. Требовалось лишь проанализировать видимые перемещения светил по небесной сфере и подобрать комбинации вращений так, чтобы описать сложные движения планет наиболее простым способом.

В своих изысканиях эллины, однако же, занимались скорее движением идеальных небесных тел в том виде, какими бы их создал пифагорейский Творец. Греческий космос стремился быть образцом математической строгости. Другое дело, что реальные планеты перемещались по небу несколько иначе, чем предписывали самые изысканные «красивые» геометрические гипотезы, однако усложнение моделей ради «спасения явлений» полагалось чем-то не совсем правильным и даже вредным – по-настоящему мудрый человек не станет нарушать теоретическую гармонию, а предложит принципиально новое и еще более изящное решение. Разного рода добавки и уточнения воспринимались с пренебрежительным снисхождением: подобное было позволительно лишь математикам, которые прикованы к своим чертежам и вычислениям, а потому не способны возвысить разум до философских обобщений. Парадоксально, но до определенного момента подобная точка зрения оказывалась на удивление

полезной и плодотворной.

Этические и эстетические критерии, к которым был особенно сильно привержен Платон, а следом за ним и Аристотель, требовали обязательно отыскать такую гипотезу, которая привела бы наблюдаемое беспорядочное движение планет одновременно и к красоте, и к простоте. Ко всеобщему удовлетворению оказалось, что даже простые комбинации равномерных круговых движений небесных тел вокруг неподвижной Земли дают хорошее качественное приближение к реальности (в какой-то степени грекам просто повезло, поскольку комбинация кругов аналогична разложению функции в ряд Фурье, с помощью которого в принципе можно описать любую небесную траекторию). Данный подход позволил составлять упрощенные математические модели, которые хоть и не являлись особо точными, но кое-как работали. Если бы греки действительно захотели сразу получить точное геометрическое описание известного им движения планет, то едва ли смогли хотя бы подступиться к такой задаче, но завязли бы в бесконечных деталях. В действительности же они постепенно добавляли дополнительные уровни сложности в свое описание Вселенной, стараясь понемногу спасать явления и не нарушать математической красоты.

Увы, после некоторого момента комбинация сфер стала уже чересчур громоздкой, однако авторитет таких людей, как Платон или Аристотель, не позволял выбрать менее «красивую» исходную гипотезу – например, предположить,

что Земля не пребывает в центре мира, а движения планет не являются идеально круговыми. Твердая приверженность идеям блага и красоты мешала мыслить по-новому, превращаясь в препятствие для дальнейшего развития античной научной мысли.

Парадоксально, но наибольшее влияние на развитие древней астрономии оказал именно Платон, который сам почти ничего в ней не понимал и вообще не занимался систематическими наблюдениями за небом (возможно, это не совсем так, но никаких текстов, где излагались бы хоть сколько-то вменяемые астрономические мысли, Платон не писал). Пожалуй, никакой иной факт не говорит столь красноречиво о тех принципах, на основании которых люди древности пытались постигнуть мир.

# Устройство мира у Платона. Первая концепция

В трудах Платона мало места уделяется натурфилософии и изучению физических явлений, ведь абсолютная истина достижима лишь в вечных идеях, но не в изменчивом и противоречивом мире. Противоречие идеального и материального исчезает, только если мы пытаемся рассмотреть мир в целом, и тогда он предстает перед нами как прекрасное (космическое) и гармоничное творение божественного искусства. Детали физических явлений волновали Платона мало, а, разбирая вопросы природы, он часто переплетал мифы и рациональные объяснения, поскольку метафоры и мистика позволяли ему сгладить существенные расхождения между предлагаемой системой мироустройства и наблюдаемыми фактами.

Из ранних диалогов «Федр» и «Федон» мы узнаем, что Платон полагал Вселенную сферической, причем небесное пространство являлось областью идей, а поднебесное – чувств и видимостей. Земля же представлялась огромным шаром, помещенным посреди неба и не требующим никакой подпирающей силы, ведь нет причин склоняться от этого положения в какую-либо сторону. Всё Средиземноморье помещалось внутри одной из многочисленных впадин на земной

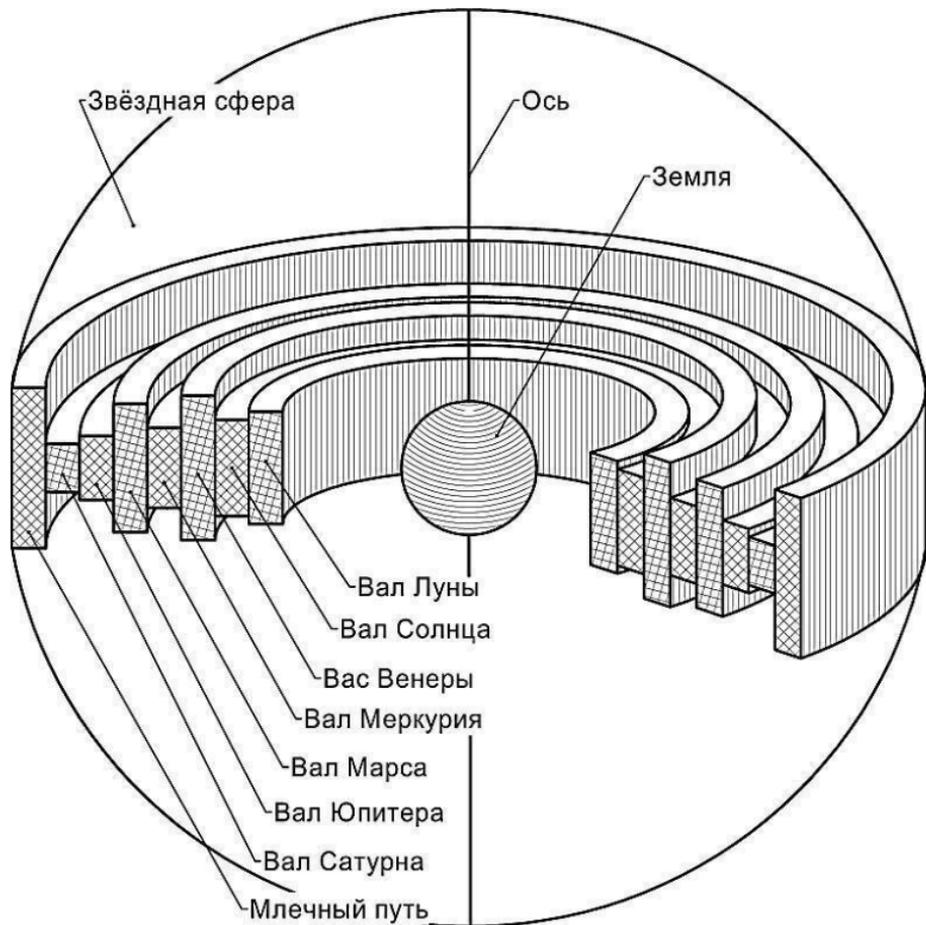
поверхности, куда стеклись вода и воздух.

В упомянутых диалогах еще нет рассуждений непосредственно об астрономии, зато ей отведено некоторое место в политическом трактате «Государство», где в частности сообщается о тех преимуществах, которые получает справедливый человек при жизни, и о том, какие награды или наказания ожидают его после смерти. Именно в этом отрывке описано устройство мира, которое сможет увидеть душа, если заслужит право подняться в небесную высь. В общих чертах Платон говорит следующее.

Земная ось представляется ярким радужным столпом света, который подобно морскому канату стягивает небесный свод. Дополнительные световые кольца скрепляют небесную сферу, как обручи бочку, чтобы она не развалилась при вращении. Сама ось мира является веретеном в руках богини судьбы Ананке, и на это веретено насажены вложенные друг в друга восемь цилиндрических валов (описание данной конструкции дано Платоном достаточно образно, поэтому ее устройство вызывает разногласия и споры у специалистов). Внешний вал соответствует Млечному Пути, затем следуют Сатурн, Юпитер, Марс, Меркурий, Венера, Солнце и Луна (ближайший к нам вал). Все валы имеют различную высоту, которая, вероятно (никаких пояснений тут не дается), соответствует ширине (по вертикали) той области неба, в которой можно наблюдать то или иное светило (для Млечного Пути, очевидно, принимается просто его ширина). Ес-

ли такое толкование является верным, то необходимо признать, что наклон орбит Марса и Меркурия Платон оценивал неверно, что, впрочем, вполне вероятно. Круг Млечного Пути имеет пеструю расцветку, круг Солнца наиболее ярок, а Луна заимствует его свет, валы Сатурна и Меркурия желтоваты, Юпитера – белый, Марса – красный, а Венера – вторая по белизне.

Ананке вращает свое веретено с постоянной скоростью, совершая один оборот в сутки, однако семь внутренних валов немного отстают в своем движении, причем каждый по-разному. Быстрее прочих движется вал Луны, на втором месте – Солнце вместе с Венерой и Меркурием, на третьем – Марс; четвертым по скорости является Юпитер, а пятым – Сатурн. При этом на каждом валу расположено по сирене (птице с женской головой), издающей звук определенной и постоянной высоты. Из этих восьми звуков складывается стройное гармоничное звучание – небесная музыка. Вокруг всей конструкции восседают на своих престолах дочери Ананке: мойры Лахесис, Клото и Атропос, помогающие точному вращению валов и воспевающие соответственно прошлое, настоящее и будущее.



В описании веретена Ананке крайне мало говорится непосредственно о самом движении планет, но упоминается лишь то, что внешние планеты перемещаются с запада на восток, отставая тем самым от Солнца. И едва ли Платона действительно сильно интересовали реальные небесные явления, ведь мудрость истинного философа должна сразу

достигать их идеальный вариант, минуя чувственные ощущения. В этом смысле, хотя описанная система вложенных друг в друга валов и выглядит механической, но безо всякого сомнения для Платона и его последователей гораздо более важной казалась идея о поющих сиренах, которые олицетворяют собой заложенную в основу нашего мира красоту. Небесная музыка представлялась ничуть не менее реальной, чем твердая звездная сфера или круги планет. Более того, вся описанная космическая машинерия, так или иначе, но признавалась скорее гипотезой – вероятным вариантом возможного, ведь истинную конструкцию вселенной невозможно постигнуть человеческим умом, зато ее музыкальную гармонию можно определить геометрически.

# Устройство мира у Платона. Вторая концепция. Математическая мистика

В «Федре», «Федоне» и «Государстве» система мироздания описана лишь мимоходом, тогда как свои основные воззрения на физику и теорию возникновения вселенной Платон изложил в «Тимее» – единственном платоновском диалоге, который знала средневековая Европа, поскольку Цицерон в свое время перевел его с греческого языка на латынь. Впрочем, данный текст имел колоссальный авторитет уже в эпоху расцвета неоплатонизма и раннего христианства. Непосредственно философское значение «Тимея», пожалуй, невелико, однако переоценить его историческую значимость невозможно. Этот диалог якобы произошел на следующий день после обсуждения идеального общества, и вначале Сократ вкратце пересказывает содержание «Государства», затем Критий сообщает легенду об Атлантиде, которая была огромным островом, расположенным за Геракуловыми столбами и являлась доказательством того, что подобное устройство общества уже существовало в древности. Большая же часть текста отведена словам пифагорейца Тимея, рассказывающего историю возникновения и развития мира, которая полностью укладывается в идеалистическо-мистические взгляды Платона (не ясно, сколь много там

осталось от воззрений реального Темея).

Постулируется, что неизменное (то есть вечное) постигается разумом, а изменяемое – через ощущения, а потому последнее относится к области мнений, ведь каждый воспринимает вещи по-своему. Окружающий мир дан нам в ощущения, а, значит, он никак не может быть вечным, но нуждается в Демиурге (от греческого *δημιουργός* – «мастер, умелец, создатель»); изначально данное слово использовалось по отношению к любому специалисту, владеющему каким-то искусством, будь то ремесленник или должностное лицо). Поскольку Демиург благостен, он сотворил наш мир подобным вечному, приведя изначальный хаос в гармонию подобную Себе самому, дабы не возникало ничего худого, а всё оказалось устроено по возможности хорошо. Иных миров быть не может, поскольку лишь одна копия способна оказаться максимально близкой к совершенному божественному оригиналу (имеется в виду, что из двух копий одна всегда будет хоть в чем-то лучше другой).

Вечное неделимо и неизменно, а чувственное делимо и изменяемо, однако Демиург создал душу, объединяющую все эти качества, поместил в нее разум, а затем наделил душой мир, который сам является единым живым существом, вмещающим в себя всех иных животных. И, разумеется, мир шарообразен, поскольку такая форма повсюду подобна себе, а это намного прекраснее всего неподобного (в другом месте «Тимея», где говорится, что материя будто бы состоит из ма-

лых Платоновых тел, сообщается, что для вселенной оставлен додекаэдр, но далее эта мысль никак не поясняется). Из тех же соображений миру приписывается вращательное движение, поскольку лишь оно одно не нуждается ни в ногах, ни в руках. Этими оборотами как раз и объясняется смена дня и ночи.

Поскольку ничто из рождающегося и умирающего не может обладать полным сходством с неизменным идеалом, то Демиург захотел сотворить сколь можно более совершенное небо. Из огня он создал род блистательных божеств и распределил их кругом по всему небу, даровав им лишь вращательное движение вокруг себя самих, дабы они всегда оставались подобными себе же. Так возникли неподвижные звезды, всегда тождественные и составляющие истинный космос. Гармония же была организована в виде вечного упорядоченного движения Солнца, Луны и пяти планет, которые тем самым определяют числа времени. Каждое небесное тело также является бессмертным богом, но помещенным на свой небесный круг и совершающим вращение по строго определенному циклу. Земля также является шарообразным божеством, расположенным в центре мира. Расстояния до планет Платон полагает пропорциональными двум геометрическим прогрессиям 1, 2, 4, 8 и 1, 3, 9, 27 (несложно заметить, что эти последовательности образованы последовательным умножением на 2 и на 3, а в пифагоровом строе соотношение 3:2 образует квинту). Иными словами, радиус

Лунного круга равен 1, Солнечного – 2, круга Венеры – 3, Меркурия – 4, Марса – 8, Юпитера – 9, а Сатурна – 27. Продолжая делить промежутки между кругами планет на 2 и на 3, Демиург пришел в итоге к соотношению

$$\frac{2^8}{3^5} = \frac{256}{243}$$

которое представляет собой лимму – музыкальный интервал пифагорова строя, равный разности чистой кварты и двух целых тонов. Таким образом «душа мира» являет собой музыкальную гармонию сущностей, хотя в «Тимее», в отличие от «Государства», не утверждается, что движения планет действительно сопровождаются какими-либо слышимыми звуками. Именно движения небесных тел образуют числа и время (не отмеряют его, но именно рожают). Из сказанного понятно, что о вечной сущности нельзя говорить, будто бы она была или будет, но только лишь – она есть, поскольку наше время не имеет к ней отношения.



Само движение космоса организовано следующим образом. Все описанные небесные светила размещены на двух основных перекрещенных кругах: внешний (небесный экватор) отвечает за природу тождественного вращения, а внутренний (зодиак) – за природу иного движения. Тождественный круг вместе со сферой звезд вращается слева направо, а круг иного – справа налево, но медленнее, причем отста-

вание объясняется тем, что внутреннее движение разделено на отдельные круги – свой для каждой планеты. Таким образом, главным космическим движением является ежедневное вращение неба вместе со всеми звездами и планетами, однако существует еще и обратное разделенное на семь частей иное движение, отвечающее за отставание планет. Земля неподвижна и находится в общем центре всякого вращения. Очевидно, предполагается, что плоскости всех кругов совпадают, причем три из них (Солнце, Меркурий и Венера) имеют одинаковую скорость, а остальные – различную. Несложно понять, что Платон говорит тут об угловой скорости, однако нигде этого не уточняет, называя ее просто скоростью.

Всё изложенное явилось лишь совершенным мысленным конструктом Творца, то есть душой. Лишь когда замысел сформировался целиком, то внутри души устроилось всё телесное и она, вращаясь сама в себе (такое движение является идеальным), запустила механизм вселенной. Можно сказать, что для Платона душа является не столько мистическимместилищем жизни или разума, но в первую очередь – пронизывающим всю вселенную принципом движения, из которого следует и всё прочее.

Уточняется также, что Солнце и Луна необходимы для того, чтобы стало возможно замечать смену дня и ночи, а также течение месяцев и лет, благодаря чему существует время и возможность постигнуть числа, а через них и космическую

гармонию. Впрочем, сложное неравномерное движение других планет почти не комментируется, но говорится лишь, что большинство людей вообще не обращают на него внимания, однако же, и тут, несомненно, присутствует некий четкий математический порядок, о котором, впрочем, говорить чересчур долго и утомительно. Дается обещание вернуться к данному вопросу при наличии досуга, но, видимо, времени на написание диалога непосредственно о движении планет у Платона так и не нашлось (судя по всему, он почти ничего об этом движении не знал).

Насчет рождения прочих богов предлагается довериться мнению древних и (дабы не нарушать законов и не подвергнуться участи Сократа) принять на веру, что от Геи и Урана родились Океан и Тетия, от которых произошли Кронос и Рея (по каноническим мифам, они тоже дети Геи и Урана), которые сами являются родителями Зевса с Геры. Демиург в силах уничтожить любого из богов, однако же, разрушение прекрасного творения – злой поступок, а Демиург благ, и поэтому никогда не станет поступать подобным образом. Вместо этого богам предписывалось сотворить смертных животных, ведь если бы этим вновь занялся сам Демиург, то его творения опять получились бы вечными. В результате, кроме рода небесных богов, появилось еще три рода существ: летающих, водных и сухопутных.

## Еще об астрономии и музыке

Здесь нужно сделать еще одно небольшое отступление, которое должно дополнительно пояснить греческий взгляд на познание мира. С современной точки зрения из списка девяти муз, храмом которых являлся Александрийский Музей, выбивается муза астрономии Урания. В самом деле, остальные музы покровительствовали литературе, театру, пению и хореографии (даже Клио отвечала скорее за гимны и тексты исторического содержания, а не за исторические исследования как таковые), и наблюдение за звездным небом выглядит чуждым всему перечисленному. Для эллинов, однако же, это было не так, ведь со времен Пифагора (скорее всего он не был первым в этом вопросе) античное мировоззрение строилось вокруг идеи о космической гармонии. Открытие греками того факта, что звучание струн подчинено строгим пропорциям их длин, а также вавилонские наработки по вычислению положения планет, привели к отождествлению музыки, математики и вселенной. Платон и Аристотель относят идею о гармонии сфер в глубокое прошлое, хотя Филолай, очевидно, ее проигнорировал, поскольку его система из десяти планет плохо сочетается с античными нотами. С другой стороны, ранние авторы скорее ограничивались общими ображениями и не давали прямых указаний на конкретные

ноты или интервалы для небесных тел.

Для читателей «Тимея» была очевидна музыкальная зависимость между числами 1, 2, 3, 4, 8 и 9 (хотя 27 не имеет соответствия с какой-либо нотой из греческого звукоряда), но сам Платон не говорит об этом напрямую. Более поздние источники, напротив, приводят различные соотношения (единого мнения тут не было), показывающие, что устройство Космоса соответствует музыкальной октаве, которую греки как раз и называли «гармонией». Так, согласно Плинию интервалы между планетами имеют следующий вид:

Земля – Луна: тон;

Луна – Меркурий: полутон;

Меркурий – Венера: полутон;

Венера – Солнце: малая терция (полтора тона);

Солнце – Марс: тон;

Марс – Юпитер: полутон;

Юпитер – Сатурн: полутон;

Сатурн – сфера неподвижных звезд: малая терция (полтора тона).

Данные интервалы можно перевести в следующий звукоряд:

Земля – до;

Луна – ре;

Меркурий – ми-бемоль;

Венера – ми;

Солнце – соль;

Марс – ля;

Юпитер – си-бемоль;

Сатурн – си;

Сфера неподвижных звезд – ре.

Эта последовательность нот состоит из двух отдельных квинт, однако, если учесть, что Земля неподвижна и не может потому издавать никакого звука, то интервалы от Луны до неподвижных звезд как раз образуют октаву дорийского лада.

Другие авторы приводят несколько иные обозначения (либо же вовсе начинают октаву не с Луны, а со звезд), но общий смысл всегда остается прежним. В соответствии с ним отыскивались и пропорции для расстояний между различными планетами, Солнцем и Луной. Здесь также придумывались различные трактовки (вплоть до того, что интервалы приписывались не линейным, а угловым расстояниям между планетами), но желание как-либо втиснуть мир в музыкальную гамму всегда оставалось неизменным и, что более важно, первоочередным!

Таким образом, должно быть понятно, что Урания была покровительницей музыки. Музыка вселенной.

# Задача сведения астрономии к кругам

Итак, платоновский Космос, являя собой божественную гармонию и произведение искусства, оживленное вечными идеями Творца. Удивительно, но данная концепция хоть и мыслилась основополагающей, но при этом очень слабо соответствовала реальным явлениям, которые вообще мало интересовали Платона (что вполне понятно, если вспомнить, что он просто пытался обосновать свои политические взгляды более рациональной мифологией). Даже в «Тимее» астрономические рассуждения не выходят за рамки общих фактов и простейших закономерностей, а потому их научное значение крайне невелико. Этого, однако же, нельзя сказать о значении культурным – влияние Платона на западную мысль оказалось колоссальным (британский математик Альфред Норт Уайтхед даже охарактеризовал всю европейскую философскую традицию просто как серию примечаний к Платону), а потому любое его слово обрело немалый вес, в том числе и соображения о небесных движениях. Авторитет Платона поспособствовал распространению пифагорейской доктрины о шарообразности Земли, однако в этом вопросе метафизические аргументы зачастую полагались более важными, чем реальные наблюдения. По чистой случай-

ности получилось именно так, что истинная форма планеты совпадает с той, о которой было приятно размышлять грекам (держать шар в руках для большинства людей тоже приятнее, чем, например, куб).

С другой стороны необходимость составлять календари и получать верные гороскопы (а также ориентироваться в открытом море) никуда не делась. Гномон и специальные угломерные инструменты позволяли с достаточной точностью наблюдать за светилами, и эта работа производилась весьма тщательно (даже удивительно, что эллины не додумались использовать зеркала и линзы для увеличения изображений небесных тел, поскольку все необходимые знания для изобретения телескопа у греков уже имелись). В накопленных данных ощущалась некоторая система, однако понять ее оказалось не так-то просто: движения планет содержали в себе слишком много труднообъяснимых нюансов. Если бы удалось с ними разобраться, то по имеющимся звездным таблицам оказалось бы возможно рассчитать положение планет на любую дату в прошлом или будущем. Это открывало невиданные перспективы перед астрологами.

В результате возникла и была четко сформулирована следующая задача – математически описать движение Солнца, Луны и планет так, чтобы результаты расчетов (в реальности траектории не столько рассчитывали, сколько вычерчивали) соответствовали наблюдениям. Здесь и проявилось себя влияние Платона, воззрения которого на протяжении двух

тысячелетий определяли направление решения указанной проблемы. Безоговорочно требовалось, чтобы Земля неподвижно покоилась в центре мира, а все небесные движения были строго круговыми, упорядоченными и равномерными. Именно причисленные соображения – и это очень важный момент, – а вовсе не положения звезд и планет являлись исходными данными для всех математических построений. Реальные астрономические факты использовались лишь как проверка принятых гипотез, касательно размеров небесных кругов и их угловых скоростей. Требовалось, таким образом, отыскать такие исходные гипотезы, которые могли бы «спасти явления», то есть обеспечить совпадение наблюдаемой картины и априорно верной идеальной концепции гармоничного космоса.

Не нужно, конечно же, думать, будто греки полагали, что явления могут не соответствовать теории, и это всего лишь «проблема» явлений. Разумеется, движения небесных тел считались происходящими в идеальном порядке, который полностью соответствует совершенному замыслу Творца. Однако же, если отталкиваться именно от наблюдений, то можно углубиться в математические построения, которые никогда не приблизят нас к «истинной» картине мира даже в том случае, если начнут достаточно точно описывать движения светил по небу. Вероятность приблизиться слабым человеческим разумом к высшей Идее в любом случае невелика. С другой стороны, великий Платон уже сумел постиг-

нуть базовые принципы устройства Вселенной, а потому – большего и не требовалось. Лишь для сугубо прикладных (то есть недостойных свободного человека) проблем возникла потребность создания относительно точных астрономических моделей. Такая задача выглядела хорошей разминкой для пытливого ума (и в перспективе могла принести немалые деньги), но почти не имела философской ценности, поскольку не добавляла ничего нового к уже известной общей картине мироздания.

В рамках указанного подхода удивляет даже не то, как можно было настолько ненаучно подойти к астрономии (некоторые причины мы уже рассмотрели), а то, сколь много греки все же сумели достигнуть.

# Концентрические сферы Евдокса

Современники Платона, безусловно, знали о небе существенно больше, чем он сам, однако сформулированная им задача – представить ход планет комбинацией равномерных круговых движений – оставалась актуальной для всей западной астрономии вплоть до эпохи Кеплера. Никто всерьез не сомневался, что в основе небесных орбит лежат именно круги (из этого факта хочется заключить, что Платон всего лишь озвучил некую интуитивную установку, которая и без него казалась всем самоочевидной). Первое решение этой задачи появилось достаточно быстро, его предложил Евдокс Книдский – младший современник Платона, попытавшийся описать все известные неравномерности в движении небесных тел.

О жизни Евдокса известно немного: он родился в Малой Азии, обучался математике в Италии у пифагорейца Архита, затем перебрался в афинскую Академию, но не удовлетворился полученными знаниями и около года изучал астрономию у египетских жрецов в Гелиополе. К этому времени цивилизация Нила накопила громадный объем наблюдений за планетами и звездами, однако слабость египетской математики не позволяла делать сложных обобщений, тогда как греческим геометрам, наоборот, не хватало точных данных

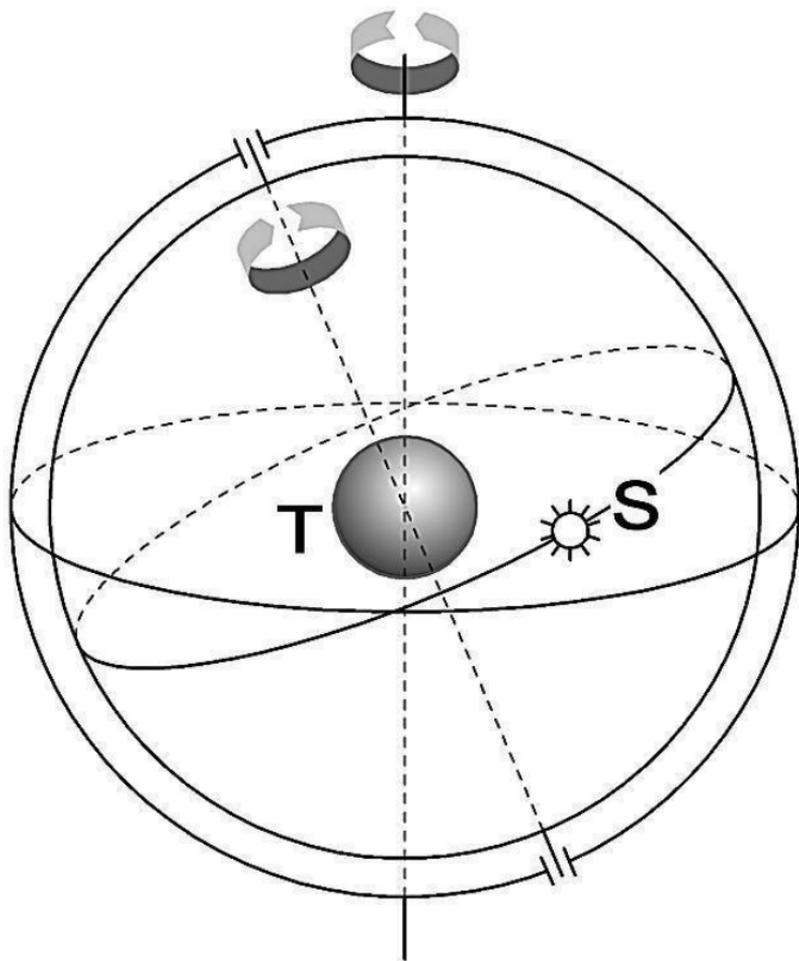
о небесных явлениях. С другой стороны, те эллины, которые все-таки решались учиться у египтян, быстро понимали, что замысловатые перемещения планет можно описать лишь с помощью кривых высшего порядка, работать с которыми античная геометрия почти не умела. Лишь особо одаренный математик смог бы предложить подходящее решение, но Евдокс как раз и был таким человеком. Уже при жизни он считался одним из сильнейших греческих геометров (разработал теорию несоизмеримых величин и метод исчерпывания), поэтому у него хватило способностей разобраться в хитростях планетного движения.

Свою теорию Евдокс изложил в не дошедшей до нас книге «О скоростях», основные положения которой весьма коротко изложены Аристотелем в «Метафизике» и чуть более подробно – в пространном комментарии Симпликия (жил спустя девять веков) на книгу Аристотеля «О небе». На самом деле никто из них не был знаком с работой Евдокса непосредственно. Аристотель узнал о ней от Полемарха, который лично общался с Евдоксом, а Симпликий просто привел большой отрывок из утерянного ныне сочинения Созигена о сферах, который взял описание системы Евдокса из книги по истории астрономии, составленной Евдемом Родосским (она тоже не сохранилась). Подобная ситуация вообще характерна для большинства античных источников.

Так или иначе, но по имеющимся данным невозможно в точности восстановить концепцию Евдокса, однако многие

детали вполне ясны. Предполагалось, что Солнце, Луна и планеты расположены на вложенных друг в друга и равномерно вращающихся сферах, оси которых наклонены по отношению друг к другу. Кроме того, центры всех сфер совпадают с центром Земли, так что подобная система получила название гомоцентричной. Не совсем понятно, зачем Евдоксу понадобились именно сферы, поскольку все сопряжения проходят через их экваторы, и всегда можно говорить просто о концентрических кругах. Вероятно, важную роль тут сыграли, в том числе, и эстетические соображения. Впрочем, надо понимать, что сохранившихся сведений недостаточно для полного понимания всех особенностей движения сфер, поэтому далее мы будем рассматривать трактовку, предложенную итальянским астрономом XIX века Скиапарелли, но на самом деле существуют и другие варианты реконструкции системы Евдокса, хотя в их пользу говорит меньше сохранившихся данных.

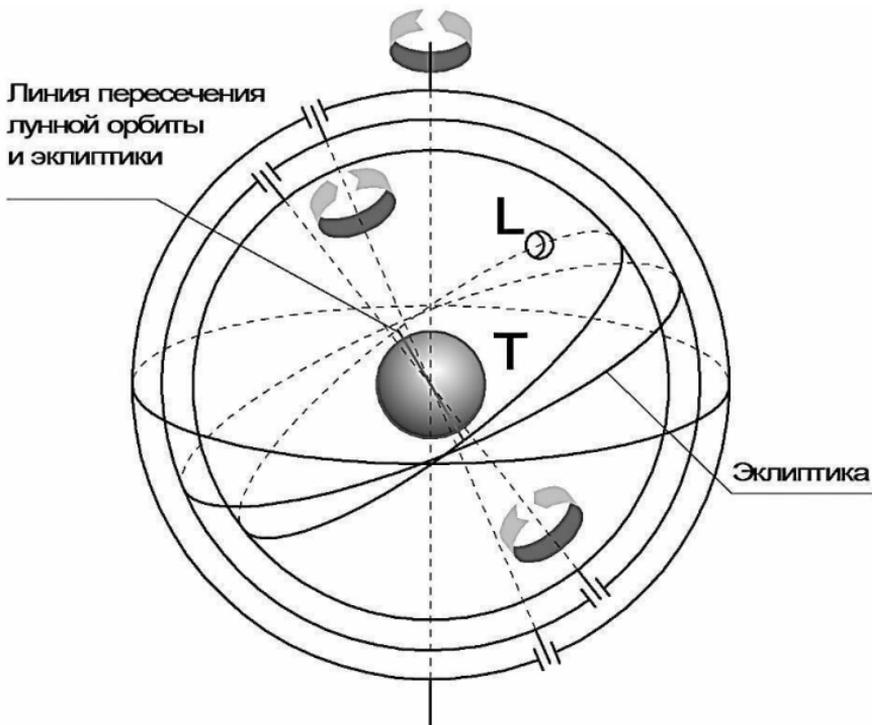
Наиболее просто в модели Евдокса описывается движение Солнца, складывающееся из суточного вращения вместе с небом с востока на запад, а также годового вращения с запада на восток вдоль эклиптики. Предполагалось, что Солнце  $S$  жестко закреплено на экваторе-эклиптике сферы, которая наклонена относительно Земли  $T$  и вращается вокруг нее с периодом в один год. Снаружи расположена еще одна сфера (ее ось совпадает с осью Земли), которая вращается в противоположном направлении с периодом в одни сутки.



Во времена Евдокса ошибочно полагали, что Солнце периодически отклоняется от эклиптики в направлении север-юг, поэтому в описанную систему была добавлена еще одна внутренняя сфера с неизвестным периодом. Причинами такого заблуждения, очевидно, являлись, во-первых, сла-

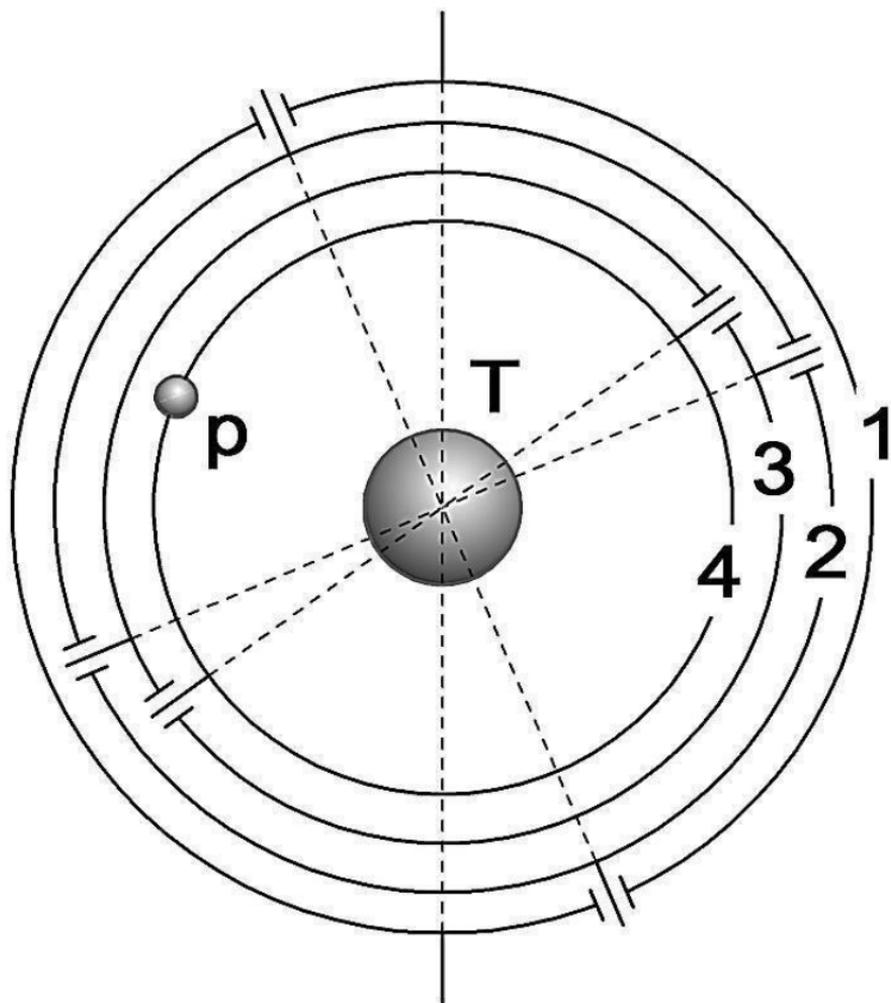
бая точность наблюдений с использованием одного лишь гномона, а, во-вторых, такое соображение, что Луна и планеты не следуют эклиптике, поэтому и у Солнца должно иметься подобное свойство хотя бы в некоторых созвездиях зодиака. В любом случае нет никаких числовых данных касательно того, какой наклон принял Евдокс для третьей сферы, и, скорее всего, никаких точных мыслей на этот счет у него не было: он просто придерживался традиции. С другой стороны в модели не учитывался уже известный грекам факт о разной продолжительности времен года из-за неравномерного перемещения Солнца по эклиптике.

Движение Луны также описывалось тремя сферами:точной, месячной (имеется в виду, конечно же, лунный месяц) и еще одной, которая моделировала реальный наклон лунной траектории на 5 градусов по отношению к эклиптике. Третья сфера также отвечала за то, что линия пересечения плоскости лунной траектории с эклиптической делает полный оборот за 18 лет 7 месяцев. Если угловые скорости всех трех сфер подобрать достаточно точно (а необходимые данные у Евдокса, несомненно, имелись), то путь Луны L по небу получит вполне удовлетворительное геометрическое приближение.



Траектории всех пяти известных планет – Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна – Евдокс описывает с помощью четырёх сфер. Первая внешняя сфера каждой планеты имеет период обращения равный одним суткам и отвечает за суточное движение планеты. Вторая сфера, экватор которой совпадает с эклиптикой, отвечает за движение по зодиаку, и поэтому период ее обращения равен сидерическому году (промежутку времени за который планета совершает полный оборот вокруг Солнца относительно удаленных звёзд) для Марса, Юпитера и Сатурна (внешних пла-

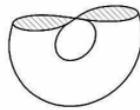
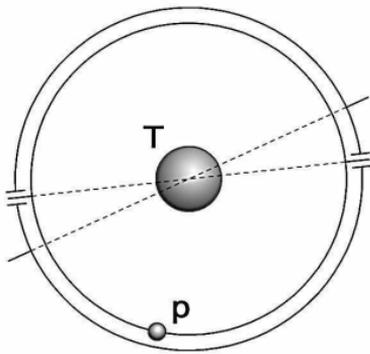
нет) и – одному земному году для Меркурия и Венеры (внутренних планет). Очевидно, Евдокс не знал, что орбитальная скорость планет непостоянна (на эллиптической орбите скорость тем меньше, чем дальше планета удалена от Солнца), поскольку равномерное круговое вращение на сфере никак не может этого объяснить.



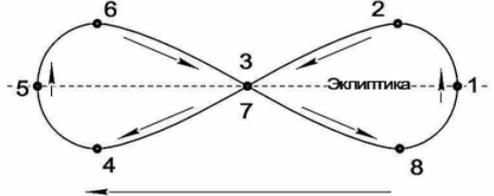
Две внутренние сферы – третья и четвертая – вращаются навстречу друг другу с одинаковыми периодами, равными синодическому периоду планеты (промежуток времени между двумя последовательными соединениями планеты с

Солнцем при наблюдении с Земли), причем их оси не совпадают. Сама планета жестко закреплена на экваторе четвертой сферы (это гипотеза, поскольку в сохранившихся описаниях об этом ничего не говорится). Положения осей третьей сферы на эклипнике (экваторе второй сферы) различается для внешних планет, но совпадает у Меркурия и Венеры.

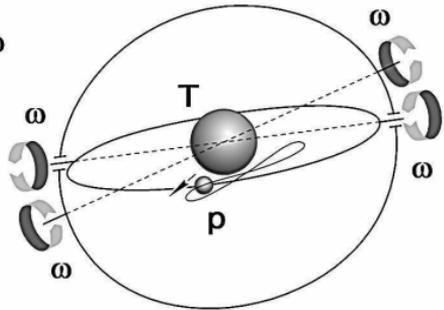
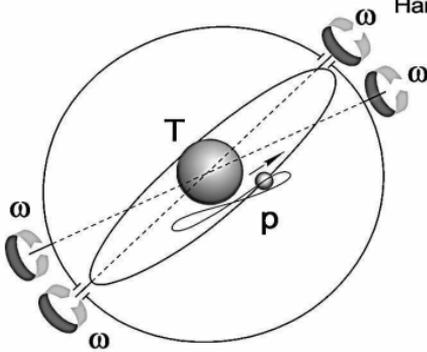
Если рассмотреть только лишь сочетание движений по двум внутренним сферам, то при правильно подобранных угловых скоростях планета Р всегда будет оставаться по одну сторону от Земли Т, описывая на небе траекторию похожую на восьмерку. Евдокс назвал данную кривую гиппопедой, вероятно, потому, что именно так завязывают веревку, когда спутывают ноги лошадям; по другой версии – существовало конное упражнение, заключающееся в том, чтобы заставить лошадь скакать по траектории такой формы.



Гиппипеда (вид со стороны Земли)



Направление движения гиппипеды по небу



Спроецировать на небесную сферу траекторию точки, получаемую как сумму вращения двух наклоненных сфер, – непростая задача (на самом деле в результате нужно было иметь проекцию на плоскость), однако, все же, вполне посильная для талантливого античного геометра, каким был Евдокс. Полученная кривая является классической лемниской с уравнением в полярных координатах  $\rho^2 = 2c^2 \cdot \cos(2\phi)$ , лежащей на сферической поверхности. Разумеется, греческая математика не знала таких уравнений, но в

древности лемнискату получали, рассекая тор плоскостью, параллельной его оси и касающейся внутренней поверхности. Евдокс определенно понимал, что его гиппопеда симметрична относительно прямой 1–3–5, совпадающей с экватором второй сферы, то есть с эклипстикой. Расстояние между точками 1 и 5 соответствует диаметру окружности, которую описывает полюс четвертой сферы, двойная точка 3–7 равноудалена от полюсов третьей сферы, а дуги 1–2, 2–3, 3–4 и так далее (пути между последовательными точками) планета проходит за одинаковые промежутки времени.

Общий путь планеты среди звезд (не считая суточного вращения) складывается из движения по гиппопедe и одновременного медленного вращения второй сферы вдоль зодиака (по эклиптике). В результате вся гиппопеда перемещается влево в горизонтальном направлении, причем между точками 1 и 5 скорость планеты складывается с вращением второй сферы, а после точки 5 планета разворачивается и совершает попятное движение. Всю восьмерку планета описывает за синодический период, причем, когда скорость вращения второй сферы уравнивается обратным движением по лемнискате, планета как будто останавливается и возникает стояние. Через двойную точку планета проходит с максимальной скоростью (прямой или попятной) в моменты своего соединения (верхнего и нижнего) с Солнцем. Высота гиппопеды дополнительно обеспечивает и перемещение планеты по широте.

Суточное вращение звезд описывалось с помощью еще одной сферы. Таким образом, для моделирования всех небесных движений Евдоксу потребовалось всего 27 сфер: одна для звёзд, по три для Солнца и Луны, а также по четыре для каждой из пяти планет. Очевидно, что все суточные движения можно было бы объяснить одной-единственной сферой, которая являлась бы общей для всех небесных тел, но Евдокс не стал так поступать. В его модели каждое вращение полностью независимо от остальных.

Никаких соображений о размерах своих сфер, а также о причинах их движений, Евдокс не высказывал и, судя по всему, не верил в их реальность, рассматривая свои конструкции просто как математическую модель, удобную для расчетов и построений. Архимед в «Псаммите» упоминает, что по оценкам Евдокса (неясно, как они были им получены, но вполне возможно, что тут имели место какие-то музыкальные соображения) Солнце в девять раз больше Луны, а поскольку их угловые размеры на небе равны, то Солнце должно быть в девять раз дальше от Земли.

Если предположить, что Евдокс знал точные длины ретроградных дуг и правильно подобрал наклона внутренних сфер, определяющие размеры гиппопед, то его решения для Меркурия, Юпитера и Сатурна окажутся удивительно точными, поскольку ошибка будет находиться за пределами точности античных наблюдений. Совсем иначе обстоит дело с Марсом, для которого синодический период принят

второе короче реального, причем совершенно неясно, откуда эта цифра взялась. Если все же принять истинное значение в 780 суток, то ни при каких условиях Марс не сможет совершать ретроградного движения, поскольку его обратная скорость на гиппопеде всегда будет меньше прямого движения по зодиаку. Иными словами Марс сможет лишь замедлиться, но не развернуться, причем при максимальном замедлении ширина гиппопеды достигнет невероятных 60 градусов. Период равный 260 суткам позволяет втрое увеличить скорость движения планеты по гиппопеде и получить ретроградную дугу в  $16^\circ$ , что хоть как-то соответствует наблюдаемым фактам, однако дает два дополнительных попятных движения вне противостояний, которых не существует. Иными словами, Евдокс не смог дать движению Марса хоть сколько-то правдоподобного описания.

Для Меркурия и Венеры центры гиппопед всегда совпадают с Солнцем, а максимальная элонгация (удаление) от него даст нам длину лепестка каждой такой кривой. Несложно подобрать такие наклонения сфер, которые обеспечат нужные размеры самих гиппопед, однако для Венеры, как и для Марса, невозможно получить ретроградное движение. Более того, в теории Евдокса скорости перемещения планеты по гиппопеде всегда постоянны, однако для соответствия реальности Венера должна проходить путь от точки 5 до точки 1 за 440 дней, а от точки 1 до точки 5 – всего за 143 дня. Эта неравномерность скоростей перемещения Венеры меж-

ду максимальной западной и максимальной восточной элонгацией от Солнца, безусловно, уже была известна в древности, и ее требовалось как-то объяснить.

Если же перейти от математических недостатков теории Евдокса к физическим, то, хоть мы и вынуждены признать элегантность и простоту объяснения неравномерных перемещений небесных тел, однако, как легко увидеть, при попятном движении планета будет пересекать эклиптику трижды – в точках 5, 7 и 1, но это не соответствует наблюдениям. В реальности, когда планета описывает петлю, то не пересекает эклиптику вовсе, а если описывает зигзаг, то пересекает ее лишь один раз. Это достаточно серьезное несоответствие, однако мы не знаем, проводил ли Евдокс наблюдения ретроградных движений, подробно ли изучал их в Египте, или же просто знал, что они существуют. В любом случае данные о наклонениях третьей и четвертой сферы в сохранившихся источниках не приводится, а значения синодических и сидерических периодов дает лишь Симпликий, но эти данные он мог взять и в иных источниках, а не у Евдокса.

Небесное тело	Синодический период		Сидерический (зодиакальный) период	
	Симпликий	Современное значение	Симпликий	Современное значение
Меркурий	110 суток	116 суток	1 год	1 год
Венера	19 месяцев (~ 580 суток)	584 суток	1 год	1 год
Марс	8 месяцев 19 суток (~ 260 суток)	780 суток	2 года	1,88 года (~ 687 суток)
Юпитер	13 месяцев (~ 395 суток)	399 суток	12 лет	11,86 лет
Сатурн	13 месяцев (~ 395 суток)	378 суток	30 лет	29,46 лет

Впрочем, несмотря на указанные недостатки, следует признать, что Евдокс проделал замечательную работу, особенно если учесть каким малым числом исходных данных он обладал. Греки в ту пору почти не вели серьезных астрономических наблюдений, а египтяне, скорее всего, сообщили ему лишь общие сведения о ретроградном движении и точках стояния, а также длительность периодов обращения, но едва ли – много больше. В этом отношении тем более удивительно, что система гомоцентрических сфер весьма точно объясняла движение по долготе для Сатурна и Юпитера и Меркурия (чуть хуже). Отклонения по широте и пересечения с эклипстикой хоть и получились в целом неверными, но общий подход с использованием гиппопед все же позволял описывать общие принципы. При этом необходимо заметить, что движения Венеры и – особенно – Марса действительно довольно сложны.

Самым важным достижением Евдокса являлась даже не

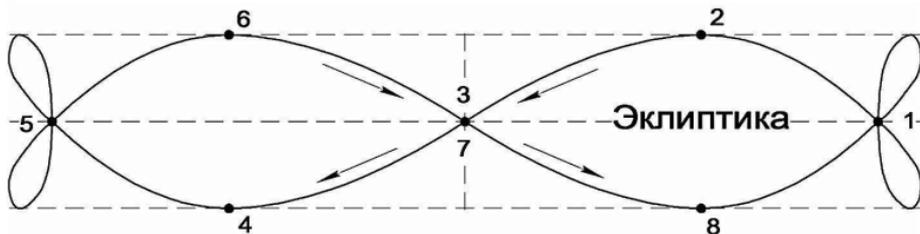
столько сама его система, сколько принципиальный результат: оказалось, что геометрическое моделирование действительно позволяет добиться достаточно сложного и правдоподобного описания планетарных движений.

# Концентрические сферы Каллиппа

Как бы то ни было, но уже следующее поколение эллинов занялось тщательным сбором данных о движениях различных небесных тел. Так, ученик Евдокса по имени Каллипп даже усовершенствовал метонов цикл, предложив вместо соотношения «235 лунных месяца = 6940 суткам» улучшенную пропорцию «940 лунных месяцев = 27759 суток». Очевидно, что уже одно это открытие требовало наличия невероятно точных сведений об обращении Луны. Неудивительно поэтому, что Каллипп также захотел усовершенствовать астрономическую систему своего учителя и даже отправился в Афины, чтобы обсудить этот вопрос с Аристотелем. В результате теория гомоцентрических сфер была существенно доработана, а результат своих трудов Каллипп изложил в отдельной книге, которая, впрочем, была утрачена уже к временам Симпликия.

Из кратких сохранившихся описаний известно, что Каллипп не вносил изменений в теорию движения Юпитера и Сатурна, а это означает, что он либо не знал об их неравномерном перемещении по эклиптике, либо не посчитал нужным его учесть. Для Марса же была введена дополнительная пятая сфера, которая, видимо (ни в одном источнике нет четких пояснений на этот счет), должна была обеспечить от-

носительную точность моделирования ретроградного движения планеты при сохранении верного синодического периода. Если положить (как это сделал Скиапарелли), что третья сфера совершает оборот за синодический период планеты, четвертая вращается вдвое быстрее в обратном направлении, а новая пятая сфера – в том же направлении и с той же угловой скоростью, что и третья, то при подходящем подборе наклонов можно получить кривую, подобную гиппопеде, но с двумя малыми восьмерками на каждом из краев. Для показанной траектории скорость планеты на участках 2-3-4 и 6-7-8 окажется намного больше, чем у Евдокса, при том же самом колебании по широте. В итоге это обеспечит вполне правдоподобную прямую и ретроградную скорость Марса, а также верный размер ретроградной петли. Впрочем, мы не знаем, какие числовые данные использовал Каллипп, и получил ли он вообще точное геометрическое решение, либо же удовлетворился простым качественным объяснением. С другой стороны у новой кривой имеется не только двойная точка 3-7, но и две тройные точки 1 и 5 (которые можно соотнести со стояниями планеты), что дает нам в сумме целых восемь пересечений эклиптики, а это уже катастрофически далеко от реальности, однако, очевидно, данный момент игнорировался.



Таким же образом пятая сфера помогла исправить ошибки Евдокса при описании движения Венеры, особенно если учесть, что пути 1-2-3-4-5, 5-6-7-8-1, а также обе малые боковые восьмерки, планета проходит за одинаковое время, и это позволяет объяснить разную скорость при синодическом обращении. Нужно лишь прибавить время стояний к движению в одном из направлений (хотя по той же логике, время стояний можно прибавлять и к обратному движению, либо делить поровну). Для Меркурия, в отношении которого теория Евдокса и так была достаточно хороша, Каллипп тоже добавил еще одну сферу, что, безусловно, лишь еще лучше привело полученную траекторию к данным астрономических наблюдений.

Работая над движением Солнца, Каллипп учел открытые Метоном и Евктемоном отличия в продолжительности времен года. За прошедший век греки очень далеко продвинулись в этом вопросе, и принятые Калиппом цифры (95 дней для весны, 92 – для лета, 89 – для осени, 90 – для зимы) отличались от реальных лишь на несколько часов, хотя у Евктемона погрешность достигала 2 дней. Чтобы добавить

неравномерность к движению Солнца по эклиптике, потребовалось ввести две дополнительные сферы, которые давали небольшую гиппопеду длиной  $4^\circ$ , обеспечивая тем самым весьма точное соответствие наблюдениям. Точно так же две сферы были добавлены к модели движения Луны, что давало гиппопеду длиной  $12^\circ$  (и  $9'$  в ширину, чем можно было попросту пренебречь), которая обеспечивала эллиптическое неравенство движения Луны, о котором не мог не знать любой хоть сколько-то внимательный наблюдатель – настолько оно явно.

Как несложно подсчитать, общее число сфер в теории Каллиппа возросло до 34 штук, что все еще оставалось достаточно скромным значением, учитывая то, как много объясняла предлагаемая модель. Насколько можно было ее использовать для реальных вычислений (вычерчиваний) будущих или прошлых положений планет на небе – вопрос открытый, но, вероятно, точность построений оставалась удручающей даже после добавления всех вспомогательных и уточняющих сфер. Тут сказывалась как ограниченность самого подхода, так и низкое качество наблюдений.

Так или иначе, но в работах Евдокса и Каллиппа мы впервые встречаем результат взаимодействия математической теории, построенной на основе общих метафизических (и эстетических) соображений, и тщательных наблюдений за естественным ходом вещей. Таковым станет путь развития астрономии в последующие века, и можно без всяких сомне-

ний утверждать, что это была дорога к современной науке. Впрочем, данная дорога оказалась не менее извилистой, чем сами планетарные движения.

# Концентрические сферы Аристотеля

Насколько можно судить, и Евдокс и Каллипп не считали свои сферы реальными, но использовали их просто в качестве вычислительных механизмов, тогда как Аристотель, напротив, захотел сделать данную теорию материальной. Для него, ищущего Идею в конкретных явлениях, планетарный механизм, безусловно, существовал в действительности. Более того – такой механизм обязан был быть единой конструкцией, а не простым набором отдельных моделей, ведь вселенная является суммой частей, каждая из которых важна для концепции целого. Хотя, если оставаться честными, астрономия мало интересовала Аристотеля. Он много говорит о структуре и принципах устройства космоса, но по большей части просто анализирует смыслы различных слов и крайне редко прибегает к результатам систематических наблюдений.

В своем труде «О небе» Аристотель руководствуется исключительно метафизическими аргументами и приходит к выводу, что вселенная никак не может быть бесконечной, ведь тогда любому очень удаленному от Земли небесному телу придется, совершая суточный оборот, двигаться чрезвычайно быстро: описывать очень длинный круг за 24 часа, но это кажется невероятным. Тут нужно помнить, что воз-

возможность существования пустоты не допускалась, поэтому движение планет полагалось осуществляемым через среду, сопротивление которой пропорционально скорости тела, и для бесконечной скорости мы получаем и бесконечное сопротивление, что абсурдно, ведь выходит, что очень быстродвигающееся тело попросту не сможет двигаться.

Для самой вселенной Аристотель выбирает форму шара, как наиболее совершенную и способную занимать одно и то же пространство при вращении. Шарообразный мир, безо всякого сомнения, должен состоять из вращающихся (ведь это самое совершенное движение) сфер и размещенных на них шарообразных объектов. Божественная первопричина движения находится снаружи, и передает свое влияние от внешней сферы к центру мира. Вращения сфер могут быть исключительно равномерными, ведь иначе внешней движущей силе потребовалось бы усиливаться и ослабевать, а это совсем не так совершенно, как постоянное воздействие. Отдельные части сфер также не могут двигаться относительно друг друга, ведь иначе бы изменялась форма созвездий, но подобного никто не наблюдал (этот аргумент применим лишь к звездной сфере, но распространялся на все остальные по аналогии).

Далее Аристотель объясняет, почему он отказывает небесным телам в самостоятельном движении. Полагается, во-первых, что они не могут вращаться вокруг своей оси, ведь этого не делает Луна, которая всегда повернутая к нам

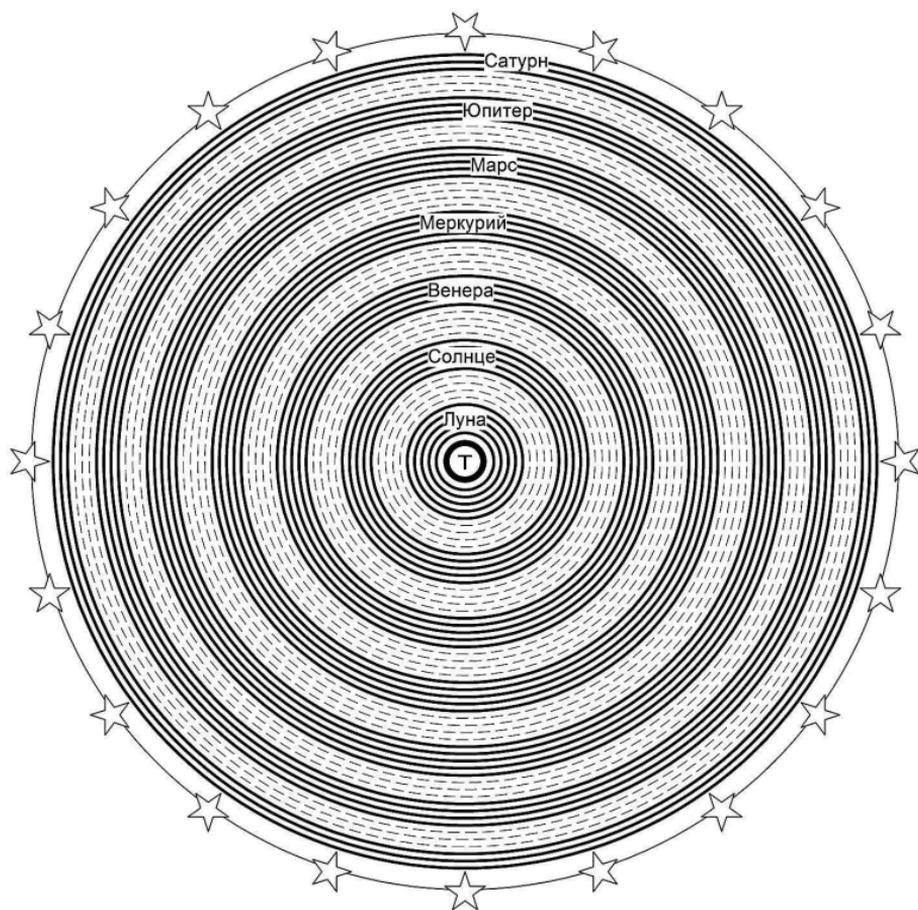
одной и той же стороной, а другие звезды и планеты не должны ничем принципиально отличаться от Луны. На самом деле тот факт, что мы всегда видим лишь одну половину Луны, как раз и означает, что она совершает один оборот вокруг своей оси за один лунный месяц, но Аристотель, похоже, этого не понимал. Во-вторых, небесные тела не могут двигаться и поступательно, поскольку их шарообразная форма наименее пригодна для такой формы движения. Из всего сказанного вытекает, что обращаться должны именно сами сферы, которые, как теперь несложно понять, обязаны быть материальными, иначе неясно, как вообще возможны движения небесных тел. Правда, в другом месте Аристотель указывает, что планеты не могут вращаться вокруг оси еще и потому, что они движутся поступательно, а иметь сразу два различных движения – менее совершенно, чем одно. При этом не совсем ясно, отчего бы планетам не вращаться, ведь они, по сути, покоятся на вращающихся сферах, то есть не движутся поступательно. Возможность вращения самой Земли опровергается тем, что для нее (и ее частей) естественным является прямолинейное стремление вниз к центру мира, а не круговое движение, естественное для лишь надлунного мира.

Пифагорейскую концепцию музыки сфер Аристотель принимать отказался: если бы столь огромные тела производили хоть какой-то шум, то он неизбежно оказался бы столь оглушительным, что все бы его заметили. С другой стороны

– отсутствие космического грохота, как раз и подтверждает, что звезды и планеты не движутся сами через среду (делать это бесшумно невозможно), но вращаются вместе со средой (с материальными эфирными сферами). Несложно заметить, что этот аргумент вступает в некоторое противоречие с объяснением обязательной конечности вселенной – не совсем понятно, почему бы самой среде (то есть планетарной сфере) не вращаться с очень большой скоростью.

По неясным причинам в трактате «О небе» отсутствует рассказ о структуре космического механизма и порядке соединения небесных сфер, но зато Аристотель дает краткое описание своей гомоцентрической системы мира в «Метафизике». Полагается, что Перводвигатель придает суточное вращение лишь внешней сфере неподвижных звезд, на которой через передачу закреплены три внутренние сферы Евдокса для самой удаленной планеты – Сатурна. Такое решение позволяло экономить одну сферу и свести все суточные обороты небесных тел к единственному движению удаленных звезд, что выглядело вполне разумным. Однако далее, чтобы разместить в своей системе Юпитер и не менять найденного Евдоксом решения, Аристотель идет на хитрость и вводит три дополнительные сферы, вращающиеся в противоположном направлении относительно сфер Сатурна, и полностью компенсирующих его движения. Внутри этих дополнительных сфер затем размещались сферы Юпитера, которые фактически воспринимали от Перводвигателя лишь

суточное вращение звезд, а влияние сфер Сатурна не ощущали.



Для всех остальных планет, а также для Солнца и Луны Аристотель поступил точно также – размещал решения Евдокса и Каллипа между промежуточными компенсирующими сферами, которые сводили бы все внешние движения, кроме суточного, к нулю. Полученная система, конечно, ока-

зывалась весьма громоздкой, но одновременно и достаточно изящной, объединяя в едином механизме все накопленные астрономические знания греков (на самом деле далеко не все). Конечно, абсолютное совпадение периодов оборота для планетарных и компенсирующих сфер выглядело искусственной натяжкой, равно как и точное равенство скоростей вторых сфер у Солнца, Венеры и Меркурия, которые никогда не видны на небе далеко друг от друга. Но с математической точки зрения это не имело особого значения – главное, что теория работала.

На последнем моменте необходимо остановиться поподробнее. Дело в том, что для всех остальных небесных тел, кроме Сатурна, Аристотель использует полное число сфер из системы Каллиппа, включая и те, что отвечают за суточное движение, которое, однако же, далее никогда не компенсируется введением дополнительных сфер. Иными словами, суточные движения складываются по мере приближения планет к Земле: Юпитер совершает вокруг нее два оборота за сутки, Марс – три, Меркурий – четыре, Венера – пять, Солнце – шесть, а Луна – семь. Является ли данная ошибка признаком невнимательности самого Аристотеля (вообще говоря, подобная невнимательность для него нехарактерна), либо же – неточностью одного из ранних переписчиков «Метафизики», сказать невозможно.

Точных математических соотношений, которые определяли бы согласованное обращение небесного механизма,

Аристотель не приводит, поскольку его интересует не астрономия как таковая, но в первую очередь – устройство мира. По этой причине, вместо таблиц и геометрических решений, даются некоторые соображения чисто эстетического характера. Так, например, говорится, что куда более «правильной» оказалась бы конструкция с равным числом сфер у каждой планеты, либо же – с постепенным равномерным увеличением числа сфер от звезд к Земле. Кроме того Аристотель отмечает, что Солнце и Луна, имея те же самые пять сфер (не считая компенсирующих), совершают меньше движений, чем некоторые планеты, что странно. Также указывалось, что самые сложные траектории описывают Меркурий, Венера и Марс, находящиеся посередине между неподвижной Землей и Перводвижителем, тогда как логичным выглядело бы постепенное упрощения движений при приближении от звезд к Земле. Поскольку Аристотель лично наблюдал, как Луна закрывает Марс, а кроме того располагал данными о том, что египтяне и вавилоняне часто наблюдали покрытия других планет, то никаких разумных объяснений он отыскать не сумел. Приводятся лишь неубедительные рассуждения о том, что Луна и Солнце испытывают менее сложное движение, поскольку они расположены ближе всего к неподвижной Земле, а Юпитер и Сатурн – из-за того, что, наоборот, расположены ближе всего к Перводвигателю, который по природе своей стремится дать всему наиболее простое движение. Еще более пространственным образом объяс-

няется тот факт, что для большого числа звезд хватило всего одной сферы, тогда как несколько оставшихся светил перемещаются с помощью множества сложно соединенных сфер: указанная неравномерность компенсируется тем, что много материи учувствует в одном движении, а мало материи – во многих движениях, и тем самым достигается симметрия.

# Форма и размеры Земли у Аристотеля

Совсем иначе Аристотель рассуждает, когда говорит о форме Земли. Умозрительные и туманные аргументы уступают место вполне рациональным доводам. Сперва отмечается, что при стремлении тяжелых объектов к центру мира должен в результате образоваться достаточно правильный шар, причем даже наличие начальных неравномерностей формы будет со временем сглажено действием больших частей на меньшие. Данное объяснение хоть и основано на неверном понимании физических принципов, но, тем не менее, опирается на достаточно глубоко проработанную механическую теорию. Впрочем, далее Аристотель переходит к прямым наблюдениям и отмечает, что при лунных затмениях край земной тени всегда оказывается идеально круглым, независимо от того, как именно повернута Земля по отношению к Луне. Подобное возможно лишь в том случае, если тень отбрасывается объектом в форме шара.

Также Аристотель отмечает, что даже при относительно небольшом путешествии на север или юг картина ночного неба заметно меняется: часть звезд исчезает, зато появляются новые. Некоторые звезды, если наблюдать их в северных широтах, никогда не заходят, но если отправиться юж-

нее, что они начнут опускаться за горизонт. Данный аргумент, как легко понять, сам по себе доказывает лишь округлость меридиана в известной грекам части мира, но вместе с предыдущим доводом составляет вполне достаточное доказательство того, что Земля без сомнений шарообразна.

Не совсем ясно, отчего Аристотель не упомянул известное любому моряку явление, заключающееся в том, что удаляющийся корабль постепенно скрывается за горизонтом: сначала корпус, а затем и мачты, что можно объяснить лишь кривизной земной поверхности. В любом случае после Аристотеля почти никто из образованных людей (кроме отдельных оригинальных мыслителей) уже не оспаривал, что Земля – шар. Насчет того, что Луна имеет такую же форму, особых сомнений у греков тоже не было, поскольку это было понятно по смене ее фаз.

Завершая астрономические рассуждения в книге «О небе», Аристотель добавляет, что Земля достаточно мала и, согласно расчетам некоторых математиков (сам он даже не попытался произвести каких-либо вычислений по этому вопросу), имеет диаметр 400 000 стадиев. Мы не знаем, кому принадлежит данная оценка размеров нашей планеты, но указанная величина почти вдвое превышает реальное значение (примерно 20 060 километров против истинных 12 742 километров). В этом отношении даже занятно, что Земля почему-то представлялась Аристотелю «небольшой».

Имеет смысл сказать несколько слов и о метрологических

воззрениях Аристотеля, который резко разграничил созданный из эфира надлунный мир и непостоянный подлунный мир, наполненный четырьмя элементами: ближе к центру находится земля, над ней вода, затем – воздух и, выше прочих, – огонь. Однако четких границ между элементами нет, и будет неправильно думать, будто они расположены слоями. Если горячие и сухие испарения поднимутся в верхнюю часть атмосферы (где преобладает огонь), то они увлекаются ее вращением (которое, очевидно, возникает от контакта с нижней лунной сферой) и оттого вспыхивают. Так возникают падающие звезды, метеоры и полярные сияния. Все теории о том, что эти объекты могут прилетать из далекого космоса, Аристотель отвергает, поскольку небеса неизменны и являют собой образец вечного кругового вращения. Если же испарения поднимаются слишком высоко, то загораются уже под воздействием Солнца, и тогда образуются кометы. Впрочем, это происходит редко, поскольку чаще всего вещество, из которого могли бы возникнуть кометы, тратится на образование Млечного Пути.

# Недостатки астрономической системы с концентрическими сферами

Судьба теории гомоцентрических сфер оказалась двоякой. Профессиональные астрономы очень быстро отказались от нее, поскольку при всей своей сложности она обладала малой точностью и не позволяла производить расчеты. Однако среди тех философов, которые мало наблюдали за небом и меньше увлекались вычислениями, долго сохранялась уверенность, что именно гомоцентричная система является наиболее правдоподобной, а потому требует лишь некоторых дополнительных улучшений. Что же касается фантастических соображений Аристотеля о природе метеоров, комет и Млечного Пути, то они столь прочно закрепились в западной мысли, что даже Галилей упорно придерживался этих взглядов.

Так или иначе, но на протяжении многих веков Аристотель, по сути, оставался единственным автором, попытавшимся обобщить, критически осмыслить и систематизировать весь объем существующих тогда знаний о природе. Сегодняшних читателей наверняка смутит, что он пытался понять устройство Вселенной, опираясь в первую очередь на

эстетические, этические и лингвистические критерии, а реальные факты использовал не как опору всех рассуждений, но лишь как украшение или отправную точку. Однако именно этот «недостаток» во многом и определил популярность и притягательность Аристотеля для античной и – особенно – средневековой мысли, которая получала наглядное подтверждение того, что вышколенный разум, вооруженный одним лишь здравым смыслом и обыденным жизненным опытом, способен постигнуть всё, что пожелает, включая и устройство целого космоса.

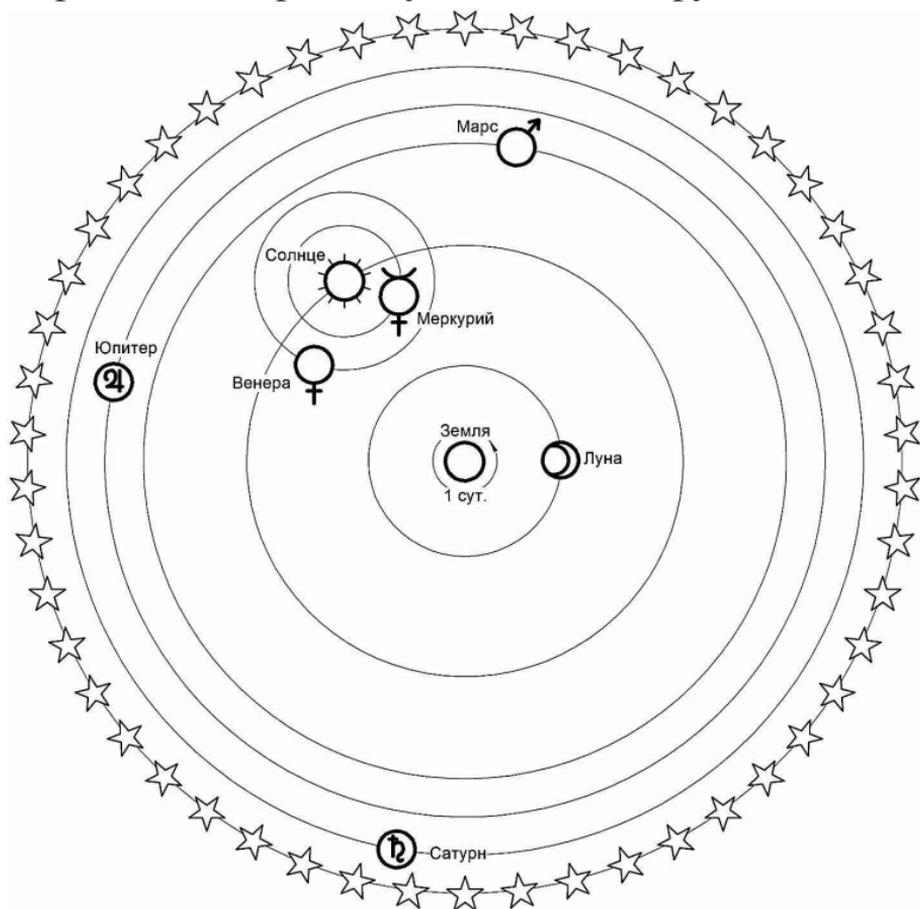
Кроме всего сказанного, гомоцентричная теория имела и еще один куда более важный недостаток. В самом деле, лишние пересечения эклиптики или недостаточно точную ширину ретроградных петель легко объяснить неверным подбором числа сфер либо ошибочным выбором их наклона. Нет никаких теоретических ограничений, мешающих сконструировать такую сложную комбинацию круговых движений, которая смогла бы достаточно точно описать видимую траекторию планеты. Разумеется, это может оказаться чересчур трудоемким делом, непосильным для ручного вычерчивания, но принципиально физическая система выглядит рабочей. Важно здесь, однако, то, что для вложенных сфер планеты всегда находятся на одном и том же расстоянии от Земли, а в таком случае их яркость не должна изменяться (напомним, что греки полагали небесные тела неизменными),

но реальные наблюдения говорят нам, что она меняется, причем очень сильно. Эллины знали об этом и понимали, что дело тут, скорее всего, именно в изменении расстояний, а потому неоднократно указывали на неспособность концентрических сфер спасти явления. Даже если учесть, что планеты светят отраженным, а не собственным светом (греки понимали это только в отношении Луны), мы не сможем объяснить колебания их яркости сменой фаз и переменной расстояния до Солнца.

# Вращение Земли у Гераклида

Поскольку общие взгляды греков на то, как устроена Вселенная, явно расходились с реальностью, то неизбежно возникало желание предложить иное решение, и одним из тех, кто серьезно взялся за проблему соответствия теории с фактами, был Гераклид Понтийский. Об этом человеке известно немного: он родился в черноморской греческой колонии, но переселился в Афины, где обучался в Академии у Платона, и даже, возможно, руководил ей, пока учитель уезжал строить идеальное государство на Сицилии. При всем сказанном, Гераклид посещал пифагорейские школы и слушал лекции Аристотеля, что, безусловно, позволило ему стать одним из самых образованных людей своего времени. Он много писал и был весьма популярным античным автором, но ни одна из его книг не сохранилась до наших дней. От Симпликия мы знаем, что Гераклид объяснял суточное вращение звезд, планет, Луны и Солнца тем, что сама Земля каждый день оборачивается вокруг своей оси с запада на восток (эта смелая и немислимая для Платона и Аристотеля гипотеза почти наверняка возникла благодаря пифагорейскому влиянию). Также предполагалось, что Меркурий и Венера вращаются по небольшим кругам вокруг Солнца, и именно поэтому никогда не удаляются от него на значительное рассто-

ание. Само Солнце, а также Луна, Марс, Юпитер и Сатурн, как и раньше, по-прежнему двигались вокруг Земли.



Введенные изменения существенно упрощали систему Евдокса-Каллипа-Аристотеля: становились ненужными все суточные сферы, а также исключалась искусственная подгонка для согласования вращения Солнца, Меркурия и Венеры, причем расстояния от Земли до внутренних планет

теперь оказывались переменными. Предложенные улучшения могли дать очень многое, но, судя по всему, Гераклид не делал никаких расчетов, и вполне довольствовался тем, что спасает явления лишь качественно. Его взгляды на устройство вселенной представляли собой причудливую смесь различных учений: он называл космос божественным разумом, а планеты – богами, но каждую из них при этом полагал отдельным миром, подобным Земле, со своей атмосферой. Аристотель нигде не ссылается на Гераклида, но едва ли можно было просто умолчать о столь оригинальной астрономической системе, поэтому вполне вероятно, что к моменту написания «О небе» она еще не была опубликована или представлена публике. Тем не менее, идея о суточном вращении Земли, а также об обращении Венеры и Меркурия вокруг Солнца не были забыты и время от времени появлялись у некоторых античных и средневековых авторов, имея даже и своих немногочисленных приверженцев.

На самом деле греки знали, что видимые размеры Луны изменяются. Этот факт можно легко заметить, просто попытавшись заслонить ее дощечкой на вытянутой руке: в разные периоды времени ширина такой дощечки будет отличаться на несколько процентов. Кроме того во время полных солнечных затмений Луна иногда заслоняет Солнце целиком, а иногда затмение оказывается кольцеобразным, то есть Луна не всегда может заслонить весь солнечный диск. Всё это

однозначно говорит о том, что расстояние до Луны не всегда одинаково, более того, Симпликий сообщает, будто даже Аристотель признавал данный факт. Почему Гераклид не стал объяснять изменение размеров Луны – неизвестно.

# Различие взглядов на физику и астрономию у греков

Комментируя «Физику» Аристотеля, Симпликий приводит крайне любопытную цитату из трудов жившего в I веке до нашей эры математика и астронома Гемина, который разбирал отличия между физикой и астрономией. Безо всякого преувеличения можно сказать, что в данной цитате отражена вся суть и всё понимание того, что в действительность представлял собой философский взгляд эллинов на мир.

По мнению Гемина, физика занимается изучением природы, сил и качеств (то есть общих отношений, которые не сводятся к числу), а также вопросом возникновения и смерти космоса. Астрономия же, напротив, не касается данных вопросов, но посвящена расположению небесных тел, изучению их формы, размеров и расстояний до них, а также затмений и соединений светил, причем не только качественно, но и количественно, используя для вычислений геометрию и арифметику. Даже если физик и астроном изучают одно и то же явление, то первый будет искать общие (метафизические) причины, а второй – конкретные способы объяснения.

Иными словами, если астроному требуется объяснить неравномерность блужданий Солнца, Луны или планет, то следует взять общие принципы устройства космоса у физи-

ков – небесные движения просты, однородны и равномерны, – а затем изучить, сколькими различными способами возможно представить рассматриваемое явление в виде комбинации простых причин. При этом нет необходимости учитывать, какие тела по своей природе неподвижны, а какие – перемещаются, но достаточно лишь подобрать такие гипотезы, которые согласуются с небесными явлениями. Если сформулированная астрономическая теория позволяет отображать и рассчитывать реальные движения светил, то она хороша, независимо от того, являются ли принятые гипотезы физически верными.

В этой же цитате отмечается, что предположение Гераклда Понтийского о движении (вращении) Земли вполне правомочно, ведь оно спасает явления. При этом не совсем ясно, считал ли Гемин, что Гераклид действительно верил, будто Земля вращается вокруг своей оси, либо принимал данное допущение исключительно для упрощения расчетов.

# Определение размеров Луны и Солнца, а также расстояний до них. Аристарх Самосский

Понимание того, что расстояние от Земли до планет не остается постоянным, привело к очевидному вопросу о том, каково же оно на самом деле. Одним из тех, кто попытался отыскать правильный ответ, был Аристарх Самосский, который впервые в истории сумел правильным образом использовать математику для количественной оценки характеристик окружающего мира.

Аристарх обучался у Стратона Физика – третьего руководителя афинского Ликея, – а затем перебрался в Александрию, где работал всю оставшуюся жизнь. Свой самый знаменитый труд «О величинах и расстояниях (Солнца и Луны)» Аристарх написал в стиле «Начал» Евклида (вероятно, они оба хорошо знали друг друга), используя в качестве исходных постулатов четыре астрономических наблюдения:

1. Когда Луна выглядит как полукруг (фаза первой четверти) угол между направлениями на нее и на Солнце составляет  $87^\circ$  (в оригинале у Аристарха указана величина  $29/30$  прямого угла).
2. Во время солнечного затмения диск Луны в точности

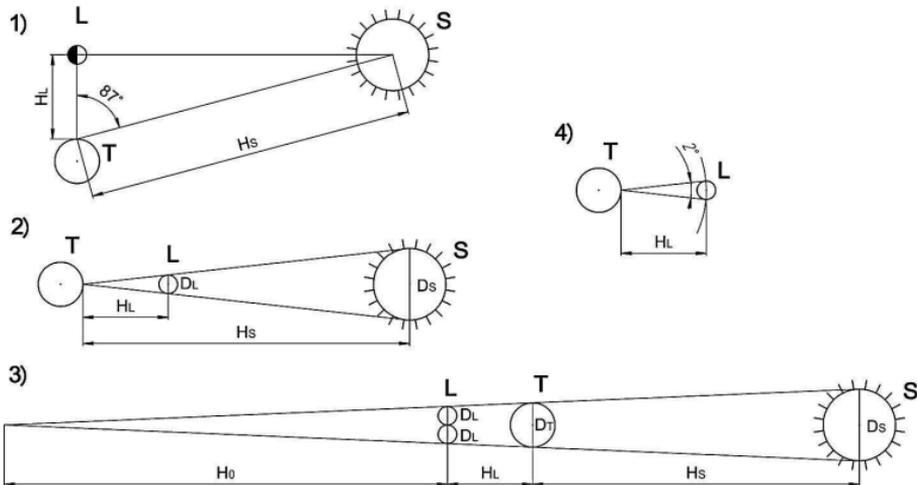
закрывает диск Солнца, то есть они имеют одинаковые угловые размеры.

3. Во время лунного затмения ширина земной тени вдвое больше ширины лунного диска (разумеется, измерить саму земную тень проблематично, но можно заметить равенство промежутков времени, за которые Луна полностью покрывается тенью, затем находится закрытой, и – выходит из тени).

4. Угловой размер Луны составляет  $2^\circ$ .

Рассмотрим поочередно все эти наблюдения и поглядим, к каким выводам смог прийти Аристарх.

Предположим для начала, что Земля  $T$ , Луна  $L$  и Солнце  $S$  достаточно малы в сравнении с расстояниями между ними, и поэтому мы можем не учитывать положение наблюдателя на Земле. Это достаточно грубое допущение, особенно если учесть, что мы пока еще ничего не знаем об искомым величинах, но в действительности серьезных ошибок мы не допустим. Обозначим расстояние от Земли до Луны за  $H_L$ , а до Солнца – за  $H_S$ . Диаметр Луны обозначим как  $D_L$ , а диаметр Солнца – как  $D_S$ .



Первое наблюдение можно трактовать следующим образом: если мы с Земли видим ровно половину Луны, то в треугольнике TLS угол при вершине L должен быть равен в точности  $90^\circ$ , а расстояние TS между Землей и Солнцем будет являться гипотенузой прямоугольного треугольника. В этом случае мы можем записать следующее тригонометрическое отношение

$$\frac{H_L}{H_S} = \cos(87^\circ) = 0,052336 = \frac{1}{19,11}$$

Итак, мы получили, что Солнце расположено в 19,11 раз дальше от Земли, чем Луна. Поскольку во времена Аристарха еще не существовало привычных для нас тригонометрических таблиц и десятичных дробей, то он остановился на том, что искомое число больше 19, но меньше 20.

В расчете мы пренебрегли не только размером самой Земли, но и тем фактом, что расстояние до Луны изменяется в некоторых пределах. В принципе это действительно не так страшно, поскольку для самой первой оценки погрешность окажется незначительной. Куда важнее то, что в описанной ситуации реальный угол между направлениями на Луну и Солнце равен не  $87^\circ$ , а  $89,853^\circ$ , а это уже критично. Произвести точное измерение такого угла античными средствами было невозможно, однако в данном конкретном случае погрешность менее чем в  $3^\circ$  дает нам колоссальную ошибку, поскольку на самом деле Солнце находится почти в 390 раз дальше от Земли, чем Луна. Конечно, даже полученное Аристархом число говорило о том, что вселенная весьма велика, ведь за столь удаленным Солнцем расположены и другие планеты, но с другой стороны двадцатикратная ошибка оставляла космос относительно компактным местом, тогда как в действительности он огромен, и Земля попросту теряется на его просторах.

Перейдем теперь ко второму наблюдению, показывающему, что видимые угловые размеры Луны и Солнца практически одинаковы. Из чертежа очевидно подобие большого и малого треугольников, отношение высот которых нам уже известно. Значит, можно записать следующую пропорцию

$$\frac{H_S}{H_L} = \frac{D_S}{D_L} = 19,11$$

Иными словами, у Аристарха получилось, что диаметр Солнца в 19,11 раз больше лунного, тогда как реальное отношение (это уже должно быть понятно) близко к 390. В данном случае погрешность оказалась точно такой же – двадцатикратной – однако, результат, тем не менее, заставлял задуматься: по каким причинам Солнце настолько больше Луны. Античная философия не могла сказать по этому поводу ничего вразумительного, хотя, разумеется, реальные размеры Солнца и вовсе поставили бы ее в тупик.

Третье наблюдение потребует чуть более сложных вычислений. Проведем конус от земной тени через двойной лунный диск, и обозначим расстояние от Луны до вершины конуса как  $H_0$ . Несложно видеть, что мы получили сразу три подобных треугольника, поэтому можем записать следующие пропорции

$$\frac{H_0}{2D_L} = \frac{H_0 + H_L}{D_T} = \frac{H_0 + H_L + H_S}{D_S}$$

Отсюда путем достаточно трудоемких, но тривиальных алгебраических преобразований можно получить, выражение для диаметра Земли

$$D_T = \frac{2D_L \cdot H_S + D_S \cdot H_L}{H_S + H_L}$$

Теперь вспомним, что выше мы уже установили равенство

$$\frac{H_S}{H_L} = \frac{D_S}{D_L}$$

из которого можно вывести, например, что

$$H_S = \frac{D_S}{D_L} \cdot H_L$$

Таким образом, диаметр Земли можно выразить только через диаметры Солнца и Луны

$$D_T = \frac{3D_L \cdot D_S}{D_L + D_S} = \frac{3D_S}{1 + \frac{D_S}{D_L}}$$

откуда получаем

$$\frac{D_T}{D_S} = \frac{3}{1 + \frac{D_S}{D_L}} = \frac{3}{1 + 19,11} = 0,149$$

и

$$\frac{D_T}{D_L} = 0,149 \cdot 19,11 = 2,85.$$

В результате оказалось, что диаметр Земли в  $1/0,149 = 6,7$  раз меньше солнечного и в 2,85 раза больше лунного. Что касается Земли и Луны, то истинное соотношение их размеров равно 3,67, и в данном случае полученный результат доста-

точно точен, однако лишь благодаря малой чувствительности нашей формулы к величине  $D_S$  (если Солнце очень большое, то мы всегда получим результат близкий к 3). Что же касается соотношений размеров Земли и Солнца, то истинная величина равна не 6,7, а 109,1, то есть Аристарх ошибся более чем в 16 раз. Впрочем, даже полученное значение оказалось весьма красноречивым: Солнце по сравнению с Землей выглядело просто огромным. Более того, Аристарх усилил эффект своего открытия, указав, что в рассматриваемом случае соотношение объемов окажется равным уже 1 к 301.

По словам Архимеда и Плутарха (в самом сохранившемся тексте «О величинах и расстояниях...» об этом ничего не говорится), данный результат натолкнул Аристарха на мысль, что именно Земля обращается вокруг Солнца, а не наоборот, ведь немислимо, чтобы большое тело обращалось вокруг столь малого. Поскольку этот вывод опирался единственно на эстетический аргумент о том, как якобы должны соотноситься движения тел различной величины, и противоречил всем греческим представлениям об устройстве мира, то теорию о подвижной Земле не принял ни один из античных астрономов. Исключением оказался только некий Селевк из Селевкии, о котором, собственно говоря, больше ничего не известно.

Характерно, что сами расчеты Аристарха никто не оспаривал (более того, их лишь уточняли), однако статус мате-

матики в иерархии древней мысли был существенно иным, нежели сегодня. Сама по себе она ценилась очень высоко, но результаты вычислений и построений, полученные даже на основании очень точных наблюдений, не могли стать основанием для пересмотра общей картины мира. Правильное использование геометрии заключалось в том, чтобы узнавать абсолютные истины об идеальных объектах, а вовсе не о материальных объектах. Более того, отказ от размещения неподвижной Земли в центре Вселенной автоматически приводил к необходимости признать неверными все знания о природе, которые имелись у греков. Можно было не соглашаться с механикой Аристотеля и его концепцией естественного движения (этот момент особенно легко оспорить, если заранее отказаться от деления мира на подлунный и надлунный), но практически никто не сомневался в том, что если бы Земля действительно двигалась, то мы бы обязательно ощущали ее полет. Все соглашались, что сброшенные вверх тела должны отставать от движущейся планеты, но в реальности они всегда падают на свои изначальные места, даже если были закинуты очень высоко. В этой связи требовалось не просто показать, что Земля вращается вокруг Солнца, но также перестроить всю динамику, равно как и переосмыслить устройство космоса. К временам Галилея, когда потребовалось создать работающую теорию полета пушечного ядра, эта проблема стала актуальной и востребованной. Для греков же проблема движения и размеров мира

оставалась исключительно спекулятивной.

Касательно последнего вопроса Аристарх все же сделал некоторые шаги, поскольку заключил, что расстояние до звезд невероятно огромны по сравнению с размером земной орбиты. Неизвестно, как именно это обосновывалось, но, скорее всего речь шла об отсутствии заметного годичного параллакса звезд. В самом деле, если Земля обращается вокруг Солнца, то звезды должны смещаться то в одну, то в другую сторону по мере того, как будет меняться наше положение, однако ничего подобного не наблюдается. Объяснить это можно так: расстояние до звезд настолько велико, что параллакс оказывается чрезвычайно таким малым и его попросту невозможно обнаружить никакими средствами. Любопытно, что Аристотель, напротив, полагал отсутствие звездного параллакса доказательством неподвижности Земли. Архимед, от которого мы и знаем о воззрениях Аристарха, судя по всему, все же считал Землю расположенной в центре мира: по крайней мере, такой вывод можно сделать по скудным описаниям изготовленного им небесного глобуса, вывезенного римским полководцем Марцеллом из захваченных Сиракуз.

В любом случае Аристарх не стал (не сумел или не захотел) заниматься глубокой проработкой гелиоцентрической системы. Он не строил подробных трехмерных моделей и не пытался определить, как будут выглядеть траектории небесных тел при наблюдении с движущейся Земли (задача в це-

лом вполне посильная для талантливого античного геометра, который, безусловно, весьма удивился бы полученным результатам). Похоже, что Аристарх не отнесся к своему открытию с должной серьезностью, выдвинув его просто как одно из соображений, сопровождающих геометрические выкладки. Другие астрономы и вовсе увидели лишь любопытный курьез, но никак не повод для размышлений. До работ Коперника все космические модели, в которых предполагалось поступательное движение Земли, продолжали называть пифагорейскими, а с именем Аристарха связывали лишь гипотезу о суточном вращении Земли, которое оказывалось необходимым для объяснения ежедневного оборота звездной сферы.

Вернемся, однако же, к геометрическим построениям. Пока что мы отдельно определяли соотношения расстояний и соотношения размеров. Чтобы увязать их между собой нам понадобится четвертое наблюдение. Поскольку принято, что угловой размер Луны составляет  $2^\circ$ , то можно выразить ее диаметр как

$$D_L = \frac{2^\circ}{360^\circ} \cdot 2 \cdot \pi \cdot H_L = 0,035 \cdot H_L$$

Иными словами, согласно вычислениям Аристарха получилось, что Луна удалена от нас на  $1/0,035 = 28,57$  своих диаметров. Истинное значение, однако же, составляет 110,4

лунных диаметров, и такая большая неточность связана с очень грубой оценкой углового размера Луны. На самом деле он равен не  $2^\circ$ , а всего лишь  $0,519^\circ$ . Этот момент не совсем ясен, поскольку Архимед в своем «Исчисление песчинок» приводит для этой величины значение  $0,5^\circ$ , ссылаясь именно на Аристарха. Где именно допущена ошибка – неизвестно.

Из полученных Аристархом данных несложно вычислить, что расстояние от нас до Луны составляет 10 земных диаметров (в реальности – около 30), а до Солнца – 191 земной диаметр (в действительности в среднем это значение равно 11600). При этом важно помнить, что все результаты получены в пропорциях и не содержат ни одного значения, выраженного в реальных единицах длины.

Поскольку во времена Аристарха не существовало привычной для нас алгебры и тригонометрии, то ему пришлось самостоятельно разработать некоторые способы вычислений, однако выкладки и построения все равно оказались чрезвычайно громоздкими, а результаты оценивались в достаточно широких диапазонах. Так, например, диаметр Солнца в оригинале определялся в пределах от  $251/27$  до  $361/60$  диаметров Земли. Тем не менее, математическая составляющая работы Аристарха была выдающейся для своего времени, а расчетные схемы – безупречными даже по современным критериям. Разумеется, грубые ошибки в исходных данных заметно сказались на полученных числах (угло-

вой размер Луны можно было даже тогда измерить гораздо точнее), но Аристарху в любом случае не пришла в голову мысль проверить, насколько его метод чувствителен к возможным погрешностям наблюдений.

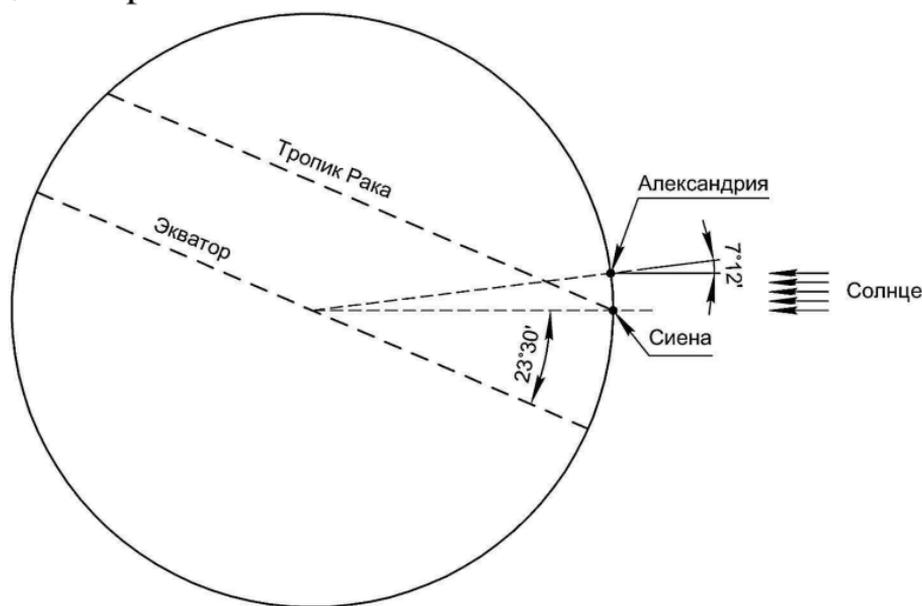
# Размеры Земли. Эратосфен

Как уже было сказано, Аристарх определил лишь относительные расстояния между Землей, Солнцем и Луной, а также их относительные размеры, но у него не имелось точных сведений о величине окружности Земли (измерить непосредственно Луну или Солнце было по понятным причинам затруднительно). Этим вопросом решил заняться уже известный нам Эратосфен Киренский, который, возможно, даже успел познакомиться с самим Аристархом, когда в 245 году до нашей эры перебрался из Афин в Александрию, чтобы обучать детей Птолемея III.

Сам Эратосфен называл себя филологом (что неудивительно, поскольку основу работы Музея всегда составляла литература), но в реальности был разносторонним человеком, обучавшимся у лучших грамматиков, поэтов и художников, а также у мудрых стоиков и платоников. Его блестящая карьера руководителя Александрийской библиотеки сочеталась с умением польстить членам царской фамилии, написать удачную эпиграмму, красивую поэму или философский трактат на актуальную политическую тему. Кроме того Эратосфен был дружен с Архимедом, и вместе они увлеченно обсуждали самые трудные вопросы математики и физики. Все основные труды Эратосфена утрачены, но на него часто

ссылались более поздние авторы, благодаря чему мы хорошо понимаем, как он измерил окружность Земли.

Стоик Клеомед, живший полтора века спустя, сообщает следующее. Эратосфен знал, что в египетском городе Сиене (ныне Асуан) полуденное Солнце в день летнего солнцестояния находится прямо над головой, и предметы не отбрасывают тени. В этот же самый день в Александрии полуденное Солнце отклонено от вертикали на  $1/50$  круга, то есть на  $7,2^\circ$  или  $7^\circ 12'$ . Эту цифру Эратосфен получил лично, проводя измерения с гномоном.



Поскольку предполагалось (несколько ошибочно), что Сиена расположена строго на юге от Александрии, то расстояние между этими городами должно составить  $1/50$  от всей

окружности Земли. Путь от одного города до другого оценивали в 5000 стадиев, и эта цифра считалась установленной достаточно твердо, поскольку была определена профессиональными шагомерами – людьми, которые долго учились совершать шаги строго одинаковой длины (впрочем, едва ли возможно, чтобы расстояние точно оказалось кратным тысяче). Так или иначе, но отсюда следовало, что длина всего земного круга составляет  $5000 \cdot 50 = 250\,000$  стадиев. Позднее Эратосфен увеличил это значение до 252 000 стадиев, вероятно, для того, чтобы получить ровно 700 стадиев на один градус земной дуги. В данном случае мы видим очередное проявление твердой греческой веры в то, что мир обязательно устроен гармонично.

Непросто оценить точность результата, полученного Эратосфеном, ведь у греков отсутствовал общепринятый стандарт длины, а стадий понимался как расстояние, которое человек успевает пройти спокойным шагом за время восхода. Поскольку солнечный диск полностью появляется из-за горизонта примерно за две минуты, то человеку при средней скорости ходьбы удастся пройти в среднем 170-210 метров. Судя по всему, уже Клеомед не мог сказать, какой же стадий использовал Эратосфен: вавилонский, греческий, аттический, египетский или принятый в системе фараонов. Указанный разброс дает нам значения радиуса Земли от 6900 до 8400 километров. При этом необходимо уточнить, что в действительности Сиена находится примерно на  $3^\circ$  к восто-

ку от Александрии, но это невозможно было определить тогда никакими средствами. Если учесть данное отклонение, то рассматриваемая длина меридиональной дуги уменьшится на 7,7%, что существенно приблизит ее к истинному значению в 6371 километр. Учитывая это, мы должны признать, что выполненная Эратосфеном оценка размеров нашей планеты была проведена с удивительно высокой точностью.

# Астрономические работы Архимеда

Нет сомнений, что Эратосфен обсуждал тайны вселенной со своим другом и коллегой Архимедом, однако о взглядах последнего на устройство космоса известно немного. Выше мы уже рассказывали, каким образом он сумел определить, что угловой размер солнечного диска составляет  $1/720$  круга или  $0,5^\circ$ , а вот информации о том, как именно Архимед рассчитал расстояние до Луны, Солнца, всех известных планет и до сферы неподвижных звезд, не сохранилось. Едва ли нужно сомневаться, что геометрические построения и вычисления были выполнены на высочайшем уровне, но точность исходных данных, очевидно, оставляла желать лучшего. Длина экватора по Архимеду в 12 раз больше истинной, а отношение размеров Солнца и Луны определено как 30:1, тогда как в реальности оно составляет примерно 400:1. Расстояние до Солнца переоценено более чем в 5 раз. Ошибочность этих цифр (особенно касательно размеров Земли) была понятна уже некоторым современникам. Более того, Архимед оценил продолжительность года ровно в 365 дней, хотя к тому времени даже консервативные египетские жрецы согласились, что год длится 365 суток с четвертью.

Впрочем, большинство из указанных вопросов (кроме продолжительности года) не входили в круг непосредствен-

ных интересов античной астрономии, которой Архимед, безусловно, в должном объеме обучился у своего отца Фидия. В первую очередь требовалось определять положение планет в том виде, как они наблюдаются с Земли, и здесь талант Архимеда-механика проявил себя во всем своем великолепии. Изготовленная им небесная сфера (а судя по всему, было собрано несколько механизмов такого рода) моделировала фазы Луны, движения пяти планет, а также солнечные и лунные затмения. Для работы такого устройства требовалось изготовить искусный привод и точные зацепления деталей, аккуратно подобрав передаточные числа между колесами и сферами, а вот удаленность планет друг от друга была почти неважна, и ей можно было пренебречь.

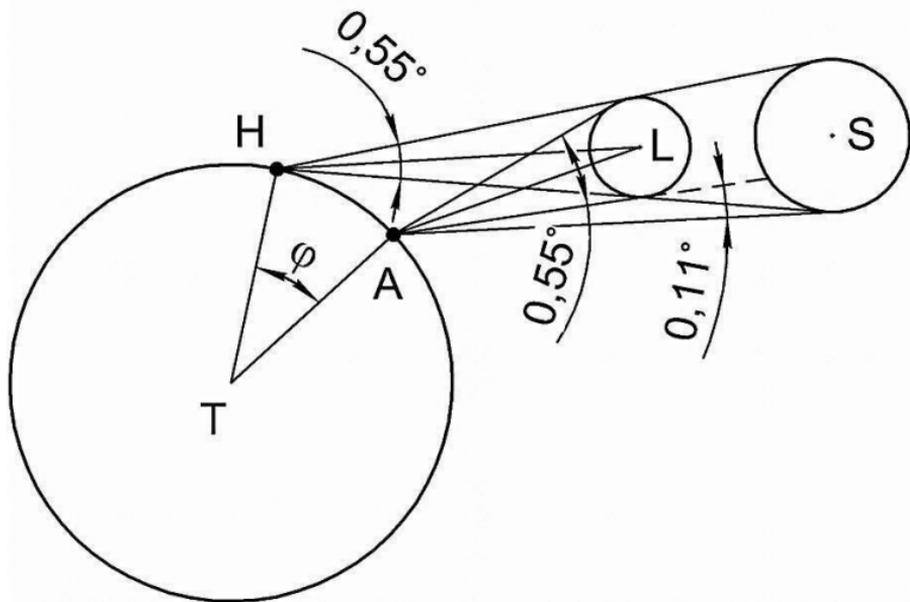
# Уточнение расстояний до Луны и Солнца. Гиппарх

Впрочем, раз уж вопрос о размере мира оказался поднят, то не могло случиться так, чтобы никто не попытался отыскать на него ответ. Самое точное в античном мире измерение расстояния между Землей и Луной было проведено Гиппархом, человеком, о котором нет практически никакой информации. Непонятно даже, когда он родился и умер, однако сделанные им астрономические наблюдения охватывают период с 162 до 127 годов до нашей эры, и это дает хоть какую-то привязку по времени. Вероятно, Гиппарх родился в Никее, но большую часть жизни провел на Родосе, где изучал небо и вел обширную переписку с учеными Александрии и Вавилона. Возможно, он даже посещал эти города, однако убедительных данных об этом нет. Из его огромного научного наследия сохранилась только критика поэмы, написанной Аратом на основе наблюдений Евдокса, но некоторую информацию удастся почерпнуть в «Географии» Страбона, «Альмагесте» Клавдия Птолемея и «Математическом собрании» Паппа Александрийского.

Гиппарх написал две книги, в которых излагал различные способы определения расстояний до Луны и Солнца. В первой книге рассматривалось солнечное затмение 129 года до

нашей эры. В тот день Луна полностью закрыла Солнце при наблюдении из Никеи (обозначена Н на чертеже), но одновременно с этим в Александрии (обозначена А) Солнце было закрыто лишь на  $4/5$  своего диаметра. Поскольку ранее Гиппарх установил, что видимые размеры Луны и Солнца почти одинаковы, и составляют  $1/650$  часть круга (примерно  $0,55^\circ$  или  $33'$ ), то несложно понять следующее: в момент затмения разность углов между направлениями на Луну от Никеи и Александрии составляла  $1/5$  от  $0,55^\circ$ , то есть  $0,11^\circ$ .

Здесь Гиппарх исходил из того, что Солнце находится очень далеко и его параллакс пренебрежимо мал (это действительно так, поскольку смещение Солнца при наблюдении из различных точек Земли невозможно заметить невооруженным глазом). Для Луны же параллакс оказывается весьма значительным, и в зависимости от положения наблюдателя Луна кажется смещенной от расчетного положения относительно звезд и Солнца. Греки объясняли это тем, что движение Луны происходит относительно центра Земли, а наблюдатели всегда находятся на ее поверхности, поэтому расстояние от них до Луны заметно изменяется (это можно считать верным даже с точки зрения современной физики).



Поскольку полагалось (и это близко к истине), что Александрия и Никея находятся на одном меридиане, а их широты ( $31^\circ$  и  $40^\circ$  северной широты соответственно) были твердо установлены из наблюдений за Солнцем и сомнений не вызывали, то был известен и угол  $\phi = 9^\circ$  между  $H$  и  $A$ . Также были тщательно измерены направления на Луну в момент затмения. Иными словами в системе треугольников между точками  $T$ ,  $L$ ,  $A$  и  $H$  были известны все углы, а кроме того отрезки  $TH$  и  $TA$  являлись радиусами Земли. Далее оставалось лишь произвести трудоемкие, но вполне понятные тригонометрические вычисления, для которых Гиппарх самостоятельно составил подробную таблицу хорд (аналог таблицы двойных синусов). Также Гиппарх учел обнаруженное им

ежемесячное изменение видимого размера Луны (для Солнца этот эффект не наблюдался), после чего установил, что расстояние от Земли до Луны изменяется в диапазоне от 71 до 83 радиусов Земли (реальная средняя величина составляет 60 радиусов Земли).

В другой своей книге Гиппарх приводит метод определения расстояния до Луны, практически аналогичный тому, что использовал Аристарх, но с учетом ряда уточнений:

– суточный параллакс Солнца принят максимально возможным и равный  $7'$  (большую величину, по мнению Гиппарха, уже можно заметить без специальных оптических инструментов), что дает нам минимально возможное расстояние;

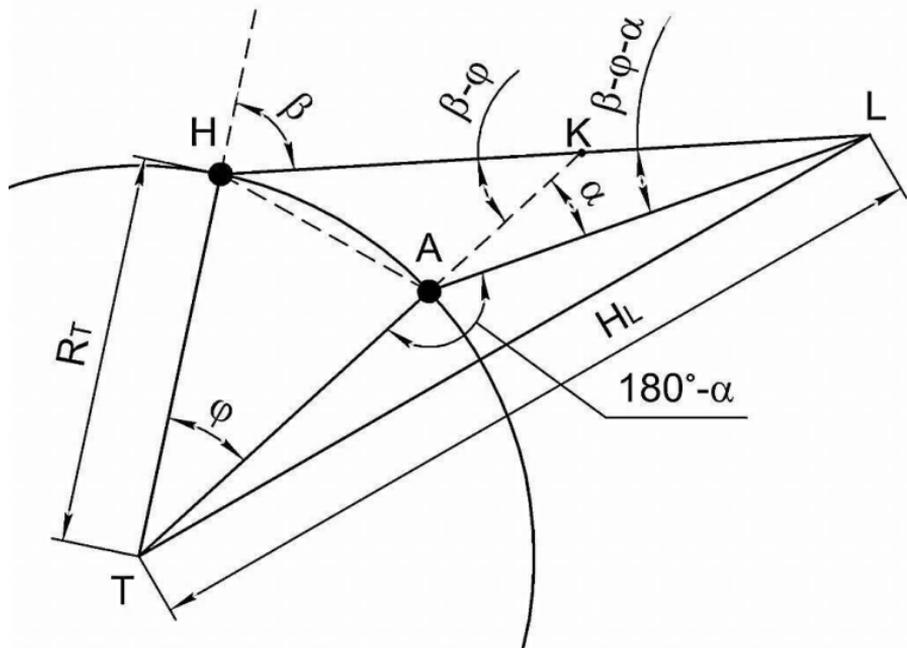
– во время лунного затмения ширина земной тени составляет 2,5 диаметра Луны.

В результате вычислений получалось, что расстояние до Луны находится в пределах от 62 до 72,66... радиусов Земли. Расстояние до Солнца при этом составило 490 земных радиусов (у Аристарха получилось 392 радиуса).

Поскольку самое большое расстояние до Луны, определенное вторым методом, оказалось лишь чуть больше самого малого значения для первого метода, Гиппарх был вынужден признать наличие некоторых неточностей в своих построениях и исходных данных. В первую очередь указанная проблема была вызвана слишком большой величиной, принятой для Солнечного параллакса, а если уменьшать его значение,

то среднее расстояние до Луны в схеме Гиппарха будет стремиться к 59 земным радиусам при истинном значении в 60. Цифра 7' была выбрана из общих соображений и не имела под собой никаких серьезных оснований, причем Гиппарх это понимал, но ему не пришло в голову повторить свой расчет для иных исходных данных.

Геометрические построения, которые требуется произвести для определения расстояния до Луны по ее параллаксу, не так уж и просты. В качестве исходных данных примем угол между широтами Александрии и Никеи  $\phi$ , а также углы  $\alpha$  и  $\beta$  направлений на Луну, отмеренные от вертикалей в точках наблюдения. Обозначим центр Земли как Т, а центр Луны как L. Введем также вспомогательную точку К в месте пересечения прямых ТА и НL.



Как легко увидеть, в треугольнике ТНК угол при вершине Н будет равен  $180^\circ - \beta$ , а угол при вершине К будет составлять  $180^\circ - (180^\circ - \beta) - \phi = \beta - \phi$ . Аналогично, в треугольнике АКЛ угол при вершине К будет равен  $180^\circ - \beta + \phi$ , а угол при вершине L составит  $\beta - \phi - \alpha$ .

Поскольку Т является центром земли, то  $ТН = ТА = R_T$ , и мы можем воспользоваться теоремой синусов (чего не мог сделать Гиппарх, поскольку в античности не знали этой теоремы и применяли куда более сложные преобразования), согласно которой в любом треугольнике длина каждой стороны пропорциональна синусу противолежащего угла. Иными

СЛОВАМИ

$$HA = R_T \cdot \frac{\sin(\varphi)}{\sin\left(\frac{180^\circ - \varphi}{2}\right)}$$

И

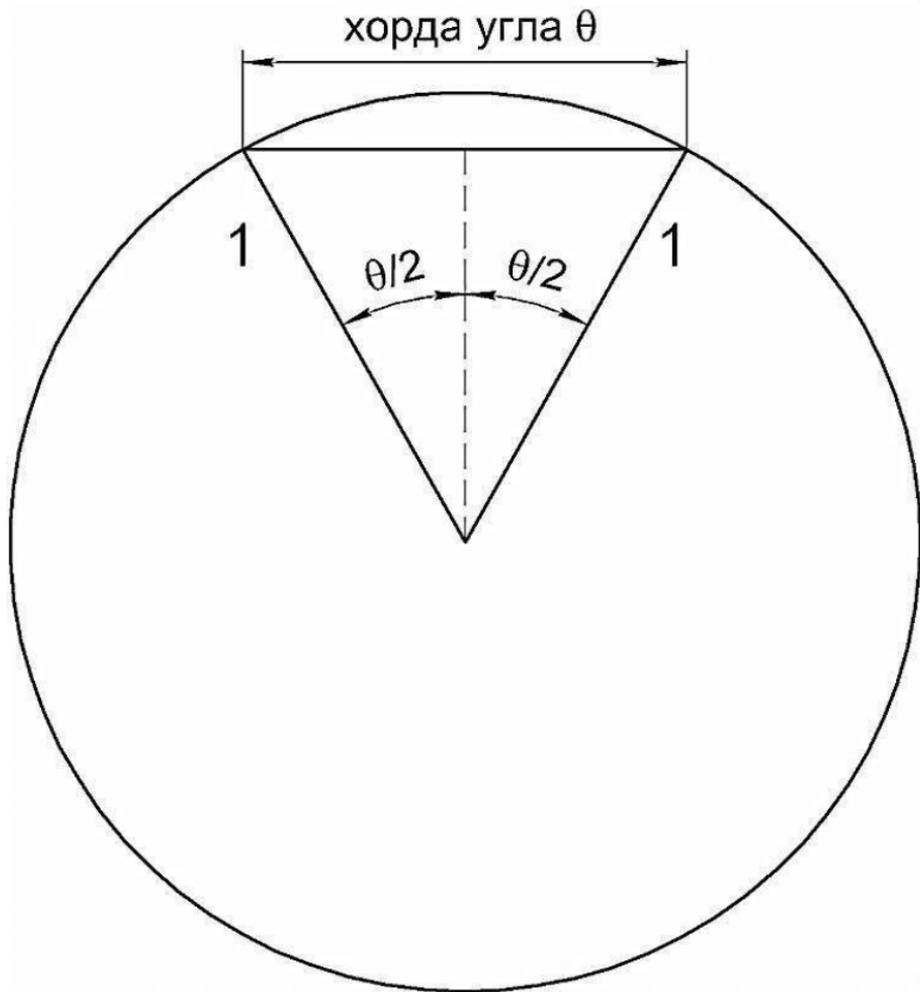
$$LA = HA \cdot \frac{\sin\left(180^\circ - \beta - \frac{180^\circ - \varphi}{2}\right)}{\sin(\beta - \varphi - \alpha)} = R_T \cdot \frac{\sin(\varphi)}{\sin\left(\frac{180^\circ - \varphi}{2}\right)} \cdot \frac{\sin\left(180^\circ - \beta - \frac{180^\circ - \varphi}{2}\right)}{\sin(\beta - \varphi - \alpha)}$$

Теперь для треугольника TAL мы можем применить теорему косинусов (которую Гиппарх также не знал) и определить расстояние до Луны

$$H_L = TL = \sqrt{TA^2 + LA^2 - 2 \cdot TA \cdot LA \cdot \cos(180^\circ - \alpha)}$$

В последней формуле нам известны уже все величины, выраженные через радиусы Земли, поэтому необходимо лишь подставить их под корень и произвести расчет.

Что касается вычислений, то перед Гиппархом стояла еще одна трудность. Дело в том, что в арсенале античных математиков отсутствовали не только тригонометрические теоремы, но и понятия синуса и косинуса. Вместо них использовали понятие хорды угла, которое определялось следующим образом. Пусть имеется угол  $\theta$ , и через его вершину проведена окружность единичного радиуса. Хордой называться отрезок, соединяющий точки пересечения лучей угла с окружностью.



Несложно увидеть, что хорда угла

$\theta = 2 \cdot \sin(\theta/2)$  поэтому ясно, что для тригонометрических вычислений достаточно составить подробную таблицу хорд углов (проделав огромное число построений и расче-

тов), и она вполне сможет заменить таблицу синусов, хотя пользоваться ей будет не так удобно.

В большинстве случаев длины хорд будут выражаться достаточно сложными дробями, для работы с которыми грекам подходили только лишь вавилонские цифры. Именно поэтому в античных астрономических расчетах, и вообще в любых расчетах, связанных с делением круга на части, обычно использовали шестидесятеричную систему счисления. Так, например значение хорды для угла  $45^\circ$  записывалось как 45 55 19, и это необходимо было понимать (из контекста полагалось очевидным, что речь идет о числе меньше единицы) следующим образом

$$\frac{45}{60} + \frac{55}{60 \cdot 60} + \frac{19}{60 \cdot 60 \cdot 60} = 0,7653658..$$

Истинное значение указанной хорды составляет  $0,7653669\dots$ , так что точность античных вычислений была выше любых возможных практических потребностей.

# Звездный каталог Гиппарха.

## Продолжительность года. Прецессия

Если говорить о других астрономических достижениях Гиппарха, то величайшим из них, бесспорно, является звездный каталог, в котором указаны небесные координаты более 800 звезд. К этому моменту ученые Александрии уже полтора века вели точнейшие наблюдения и накопили немало данных, но когда в 134 году до нашей эры в созвездии Скорпиона вспыхнула новая звезда, Гиппарх понял, что необходимо детально описать надлунный мир, в котором, как оказалось, тоже возможны изменения. Положение и яркость каждой звезды требовалось тщательно зафиксировать, чтобы мудрецы будущего могли безошибочно определить, не появилось ли на небесах новое светило, не исчезло ли какое-либо из старых, не изменилась ли их светимость, не переместились ли они в другое место. Последний момент особо важен, поскольку Гиппарх, очевидно, допускал возможность движения отдельных звезд, что несовместимо с античным представлением об их жестком закреплении на особой сфере.

До недавнего времени считалось, что звездный каталог Гиппарха утерян (хотя и предполагалось, что Птолемей полностью скопировал его себе, добавив лишь некоторое число новых данных), однако в 2022 году часть текста удалось

восстановить со средневековой христианской рукописи, которая была написана поверх смытого каталога.

Также Гиппарх определил продолжительность тропического (солнечного) года в  $365 + \frac{1}{4} - \frac{1}{300}$  суток, что всего на 6 минут длиннее истинного значения (такого, каким оно было во II веке до нашей эры, поскольку эта величина постепенно меняется). Данный результат, вероятно, был получен исходя из промежутка времени между двумя летними солнцестояниями, одно из которых в 280 году до нашей эры наблюдал Аристарх (или его ученики) в Александрии, а другое – сам Гиппарх на Родосе в 135 году до нашей эры. Впрочем, вполне убедительна и такая версия, что Гиппарх просто подставил в метонов цикл (235 лунных месяцев равны 19 солнечным годам) продолжительность лунного месяца в 29 дней  $31'50''08'''20''''$  (в шестидесятеричной системе счисления), которую позаимствовал у вавилонских астрономов.

Одновременно с этим Гиппарх установил, что продолжительность сидерического года составляет  $365 + \frac{1}{4} + \frac{1}{144}$  суток, то есть он на 14,8 минут длиннее тропического (эта величина очень близка к истине). Иными словами, когда Земля сделает полный оборот вокруг Солнца, наблюдатель увидит его, а также звезды в другом месте неба, и причиной этого явления является прецессия Земли.

На этом моменте следует остановиться подробнее. Изме-

рения Гиппарха оказались столь точны, что он обратил внимание на одно незамеченное прежде явление. Небесная долгота (или прямое восхождение, то есть длина дуги небесного экватора от точки весеннего равноденствия до небесного меридиана, на котором находится наблюдаемый объект) звезды Спика – самой яркой в созвездии Девы – на целых  $2^\circ$  отличалась от той, которую полтора века назад зафиксировал александрийский астроном Тимохарис. При этом положение Спика относительно других звезд осталось прежним, а, значит, переместилось именно положение Солнца во время равноденствия. Предположение о собственном движении звезд пришлось отвергнуть, поскольку их широты за прошедшие века никак не поменялись, то есть смещение произошло строго вокруг земной оси (конечно, это могло означать как смещение Солнца, так и звездой сферы, либо их совместные движения, но для земного наблюдателя тут нет никакой разницы).

Несложно посчитать, что следовало из полученных данных: точка равноденствия смещается на  $1^\circ$  за 75 лет, а полный круг по зодиаку она совершает за  $75 \cdot 360 = 27\,000$  лет. Истинное значение составляет примерно 25 776 лет ( $1^\circ$  примерно за 72 года), и можно лишь восхищаться тем, насколько точным оказался прогноз Гиппарха касательно события, которое занимает десятки тысяч лет. Впрочем, механизм данного явления был тогда совершенно непонятен, и оставался таковым до работ Исаака Ньютона. На самом же деле рав-

ноденствия происходят в те дни, когда отрезок Земля-Солнце перпендикулярен земной оси, но поскольку Земля полагалась неподвижной, то едва ли кто-нибудь в античности мог предположить, что земная ось медленно прецессирует, отчего ее направление постоянно изменяется, и равноденствие каждый раз наступает чуть раньше, чем в предшествующий год.

Любопытно также, что именно из-за прецессии точек равноденствия мореходам во времена Гиппарха приходилось определять направление на север приблизительно по созвездиям Большой и Малой Медведицы, а не по Полярной звезде, поскольку она располагалась достаточно далеко от полюса мира. Две тысячи лет назад земная ось еще не была направлена на Полярную звезду, хотя и сейчас их совпадение, разумеется, не абсолютно, поскольку нет никакого закона природы, предписывающего какой-либо звезде совпадать с осью вращения планет.

# Промежуточные итоги развития греческой астрономии

Со времен примерно соответствующих жизни Платона шарообразность Земли считалась общепризнанной среди всех образованных людей. Исключение составляли разве что последователи школы Эпикура, который отказался практически от всех достижений современной ему натурфилософии, причем в большинстве случаев это было вполне разумно, ибо астрономия была одной из немногих областей знания, где эллины сумели по-настоящему понять некоторые явления природы. Впрочем, знания о небе по большей части использовались для астрологических гаданий и составления гороскопов, так что эпикурейцы в любом случае потеряли немного.

Что же касается основной массы грамотного населения Средиземноморья, которое плохо разбиралось в астрономических премудростях, то для этих людей Земля по-прежнему оставалась плоской. Полагалось вполне достоверным, что в Индии, где Солнце встает, оно кажется в десять или даже в сто раз больше привычного размера. То же самое можно было якобы наблюдать и на западе от Гадеса (Кадиса), где происходили закаты. Опускаясь в океан, Луна и особенно Солнце заставляют воду кипеть, а твердый купол неба не позво-

ляет ветру унести облака прочь в космос. Многие писатели и поэты описывали мир в таком или подобном свете, выдавая народные суеверия и фантазии за точную истину. Даже философы, хоть и приводили вслед за Аристотелем множество доказательств шарообразности Земли, но обычно пренебрегали самым весомым его аргументом о том, что падающая на Луну земная тень неизменно имеет идеально круглые края. Сложно сказать, в чем тут причина: в том, что последующие авторы не понимали данного объяснения (это странно, поскольку оно весьма очевидно), или не считали его убедительным, но в ход обычно шли любые иные доводы – от метафизических до религиозных.

Общий масштаб размеров нашей планеты тоже стал понятен достаточно рано. Аристотель без всяких ссылок на источник приводит длину экватора в 400 000 стадиев, а Архимед, видимо, опираясь на чьи-то ранние и неточные вычисления, снижает ее до 300 000 стадиев. Посидоний придерживался того же мнения, а Эратосфен с помощью достаточно точных расчетов уменьшил эту цифру до 252 000 стадиев. Хотя все эти результаты являются несколько завышенными, но они, тем не менее, давали довольно верное представление о величине Земли.

Определить размеры других планет, а также расстояния между ними оказалось на порядок сложнее. Этому препятствовало как отсутствие точных инструментов, так и закрепившаяся в умах философов пифагорейская идея о музы-

кальной гармонии, что управляет космосом (от этой мысли начали отказываться лишь к концу Средневековья). Уже Аристарх вычислил, что Солнце намного больше Земли и удалено от нас на почтенное расстояние, однако его цифры были много меньше истинных. Эратосфен и Гиппарх увеличили точность своих вычислений, но не внесли в общее понимание проблемы ничего принципиально нового. Если диаметр Луны и расстояние до нее оценивались более ли менее правильно, то удаленность и размеры Солнца определялись на основании почти произвольных допущений. Проблема находилась попросту вне досягаемости инструментальных возможностей античных астрономов, большинство которых вообще не верили, что Солнце может располагаться очень уж далеко.

Так или иначе, но фантастические идеи ранних философов об устройстве Космоса постепенно сменились механистическим моделям, основанным на реальных фактах, точных наблюдениях и сложных вычислениях. Если египетские и вавилонские жрецы рассматривали только плоские движения светил по небу, то греки сделали безусловный шаг вперед и начали строить орбиты небесных тел в пространстве. В этом вопросе, безусловно, лидировала александрийская школа, собиравшая лучшие умы со всего эллинистического, а затем и римского мира. Для всех, кто хоть немного разбирался в астрономии, стало очевидно, например то, что кометы никак не могут образовываться при соединении планет,

поскольку последние всегда находятся на огромном расстоянии друг от друга, даже если нам визуально кажется, что они сблизилась. С другой стороны вселенную все еще представляли как относительно небольшое пространство, ограниченное звездной сферой (хотя это и не означало, что за ней совсем ничего нет).

А самое важное, что все астрономические достижения эллинов обладали одной неприятной особенностью – они не позволяли делать точных расчетов, а, следовательно, составлять правильные гороскопы. Математики не могли дать астрологам (в основном это были одни и те же люди) точных положений планет в прошлом и будущем, а потому требовались принципиально иные геометрические модели, которые обеспечили бы, наконец, необходимую точность. И такие модели были построены.

# ГЛАВА ШЕСТНАДЦАТАЯ. СУММЫ ВРАЩЕНИЙ

## Почему греки занимались астрономией иначе, чем другие общества

До времени Александра Македонского греки плохо разбирались в том, что происходит на небе. По большей части им приходилось довольствоваться той информацией, которую отдельные любознательные (и состоятельные) философы могли получить у вавилонских или египетских жрецов. Насколько охотно они делились своей мудростью, сказать трудно. Взаимное проникновение культур, безусловно, существовало, но проявляло себя в торговых и религиозных вопросах, что же касается астрономии, то это было почти закрытые сведения. Ими делились неохотно. Неудивительно поэтому, что ранние воззрения греческих мыслителей на устройство космоса выглядели весьма скромно, а основной упор делался не столько на работоспособность предлагаемых систем, сколько на поэтическую убедительность и красоту.

Подобная ситуация, однако же, не могла оставаться неизменной, причем сразу по двум принципиально отличным причинам. Во-первых, развитие аграрного хозяйства и морской торговли требовали составления точных календарей и развития навигационных умений. А, во-вторых, по всему греческому миру стремительно распространялось вавилонское увлечение астрологией, что рождало спрос на специалистов, умеющих разбираться в движениях звезд и планет, но такие люди редко решались покинуть родные края и перебраться к эллинам. Первые серьезные греческие наблюдения за небом проводились в основном любознательными энтузиастами, хотя городская верхушка понимала значимость исследований движения Луны и Солнца для общественных нужд. После смерти Александра при дворах могущественных монархов стали появляться дома мудрости, самым блистательным из которых оказался Музей в Александрии, где лучшие греческие астрономы могли определять положение звезд и планет в замечательно оборудованных обсерваториях, получая щедрое финансирование от просвещенной династии Птолемеев.

Удивительно, но результаты этой работы оказались совершенно иными, нежели тех, что удавалось получать до греков. На первый взгляд это может показаться странным, ведь в обоих случаях речь идет о религиозных учреждениях (Музей являлся храмом муз), финансируемых из казны либо из собственных источников дохода. Однако имелось и су-

щественное отличие. В Египте и Вавилоне за небом наблюдали не отдельные исследователи, получившие царское покровительство за свои таланты, а многочисленные профессионально обученные жрецы, составлявшие отдельное сословие. Первые их записи относились к временам глубокой древности, а суть храмовой службы заключалась в выполнении самих наблюдений, то есть в повторении ритуала. За долгие века были накоплены огромные объемы числовой информации, в которой благодаря усердной работе сотен жрецов-математиков удалось обнаружить определенные закономерности. Изначально никто не ставил себе задачи обязательно научиться делать такие вычисления, но оказалось, что это возможно. В результате к моменту расцвета греческой цивилизации египтяне и вавилоняне могли достаточно точно предсказывать дни затмений, а также и некоторых других астрономических явлений, не вдаваясь при этом в причины происходящего. Дата конкретного события строго следовала из последовательности небесных координат, зафиксированных на глиняных табличках.

Для греков все это выглядело чем-то вроде волшебства: они видели, что положение небесных светил можно рассчитать, но не обладали ни требуемыми данными, ни техниками их обработки. При этом восточные жрецы даже за деньги рассказывали элинам очень немного, поэтому полагаться приходилось в основном на собственные силы. Для обычного человека даже несколько лет наблюдений за звездами

– это уже большой срок, а если удавалось накопить записи за десятилетия, то эллины полагали объем материала вполне достаточным. Вероятно, в Вавилоне, вообще ничего не смогли бы сделать со столь неточными и ограниченными данными, но греки об этом не знали: им было известно лишь то, что решение существует, а искать его они стали там, где удобно. Раз уж космос подчинен математике, то нужно лишь отыскать такую модель, которая совпадет с несколькими имеющимися наблюдениями. Вообще говоря, такой подход мог оказаться бесплодным, но для астрономии он сработал (а вот для астрологии – уже нет).

Одновременно и по схожим причинам в греческом мире стремительно развивалась геометрия, ставшая прочным фундаментом для первых математических систем, которые пытались объяснить устройство вселенной хотя бы на качественном уровне. Позже, когда александрийские ученые начали использовать точнейшие инструменты и собирать всю накопленную эллинами информацию, метафизические рассуждения окончательно отошли на второй план, и астрономия превратилась в строгую математическую дисциплину, построенную на прочном фундаменте наблюдений. При этом греки использовали в основном только те данные и наработки, которые были собраны их предшественниками, хотя едва ли к тому моменту все еще имелись серьезные препятствия для того, чтобы раздобыть египетские или вавилонские звездные таблицы. Сложность тут состояла в первую

очередь во взаимном нежелании греков, египтян и вавилонян изучать чужой язык и разбираться в чужой культуре. Хотя некоторый обмен знаниями все же происходил: в первую очередь это касалось шестидесятеричных дробей, но не только их.

# Сложности с использованием математики в астрономии

Изначально уровень развития античной астрономии определялся текущим состоянием геометрии. Любые открытия математиков сразу же приспособивались к накопившимся наблюдениям, в которых постоянно обнаруживались новые требующие объяснения особенности. К стандартным методам логистики (вычислительной техники) постепенно добавлялись планиметрия, исследования кривых высших порядков, а также месопотамские способы представления функций нескольких переменных в табличном виде. С другой стороны тригонометрия хорд, сферическая геометрия и стереографическая проекция (наука об отображении сферы на плоскость) и развивались в основном античными астрономами для собственных нужд. Поскольку исходных данных все время не хватало, пришлось перенять и месопотамские вычислительные методы для составления подробных лунных и планетарных таблиц, которые записывались в шестидесятеричном виде. Без таких таблиц невозможно было обосновать поздние греческие космологические модели.

При этом развитие математики никак не способствовало развитию других областей естествознания. Аристарх оказался последним, кто всерьез пытался разобраться в истин-

ном устройстве космоса. Каких-то разумных контраргументов против его соображений никто так и не выдвинул, но они оказались отвергнуты, просто оттого, что не вписывались в эстетическую картину мира греческой философии. Об Аристархе помнили, но не воспринимали серьезно.

Система Каллиппа-Аристотеля, напротив, выглядела красивой и стройной, но не соответствовала наблюдениям, а потому не спасала явления. Философы, рассуждавшие о космосе абстрактно, зачастую продолжали придерживаться гомоцентричных сфер, но профессиональные астрономы не могли игнорировать очевидное изменение расстояний до планет. Требовался математический инструмент для точного расчета движения небесных светил.

Дальнейшее развитие греческой мысли пошло по пути полного отказа от выявления каких-либо физических принципов, вместо которых стали появляться сложные математические модели, отображающие видимые движения планет со всё более возрастающей точностью. Громоздкие комбинации круговращений воспринимались просто как способ определения видимого положения небесных тел в конкретный момент времени. Вопрос о соотношении этих вычислений с реальностью не ставился, поскольку астрономией в широком смысле (космологией) продолжили заниматься люди, которые были малосведущи в геометрии и планетарных движениях. Вычислительная астрономия перешла в ведомство математиков, а статус «математика» фактически стал

синонимом слова «астроном», поскольку нигде больше не требовались особо глубокие познания в геометрии. Сами астрономы по большей части являлись профессиональными астрологами, поскольку гороскопы и гадания оказывались единственным реальным источником дохода для тех, кто посвящал свою жизнь наблюдению за звездами.

Поскольку читатель уже имел возможность разобраться в том, что собой представляла античная математика, и сколь мало в ней было от математики сегодняшней, то несложно оценить весь масштаб стоявшей перед эллинами задачи. Неудивительно поэтому, что за четыре с половиной века после Аристарха лишь три человека внесли по-настоящему существенный вклад в развитие теоретической астрономии: Аполлоний Пергский (жил примерно в 262-190 годах до нашей эры), Гиппарх Никейский (примерно 190-120 года до нашей эры) и Клавдий Птолемей (примерно 100-170 года нашей эры). Разумеется, они не были единственными, кто в течение этого длительного периода профессионально наблюдал за звездами и планетами. Более того, таких людей было весьма немало, поскольку светоч греческой мысли распространился по всему римскому миру и даже за его пределы. Но у большинства астрономов едва хватало способностей на то, чтобы изучить необходимый объем геометрических текстов, разобраться с уже накопленными знаниями о небе, провести несколько важных наблюдений и всю жизнь составлять гороскопы богатым покровителям. Для того что-

бы в имеющихся условиях сделать что-либо принципиально новое, требовалось обладать по-настоящему огромным талантом (а такие люди рождаются нечасто) и оказаться там, где будут иметься условия и инструменты для продуктивной работы. Фактически таким местом являлся в первую очередь Александрийский Музей, но в различное время с ним могли соперничать Пергам или Родос – богатые тигровые и культурные центры.

Главными математическими понятиями для астрономов эллинистического и римского периода стали эксцентр, эпицикл и эквант. Неизвестно, кто впервые попытался использовать их для описания движения планет, ведь поздние авторы говорили даже о древних пифагорейцах, однако эта информация вызывает справедливые сомнения. Разумно отнести появление эксцентров как раз ко времени Аристарха, когда школа Пифагора практически прекратила свое существование (среди ее последних представителей в любом случае уже не было серьезных математиков), поскольку уже были известны до Аполлония, но их теория еще не была проработана достаточно глубоко и требовала разъяснений. Эпицикл и эквант, вероятно, вошли в употребление еще позже. Все три указанных понятия являлись некоторыми уступками, которые античные геометры оказались вынуждены сделать по отношению к тезису о равномерных круговых движениях, чтобы спасти явления, сохраняя при этом условную верность метафизике.

Аполонний не писал работ непосредственно по астрономии и, вероятно, разрабатывал лишь общие качественные геометрические подходы на основе теории эксцентра и эпицикла, показав, в том числе, и возможность объяснять пятные движения планет. Точную модель для определения координат Солнца и Луны в любой момент времени впервые сумел построить Гиппарх, в распоряжении которого находились как результаты его собственных наблюдений, так и данные, накопленные александрийскими астрономами за прошедшие полтора века. Также он располагал древними вавилонскими таблицами затмений. Весь этот огромный массив информации позволял вести работу на принципиально ином уровне, чем это делалось ранее.

# Неподвижный эксцентр. Солнечная теория Гиппарха

В отношении Солнца требовалось учитывать лишь одно неравенство – различие в продолжительности времен года – поэтому Гиппарх сумел достаточно легко отыскать подходящую орбиту. Если предполагать, что Солнце равномерно движется по кругу, в центре которого расположена Земля, то и наблюдаемая нами угловая скорость перемещения Солнца по небу (если не считать суточного вращения) оставалась бы постоянной в течение года. Однако уже Евктемон и Каллипп точно знали, что продолжительность времен года – периодов между равноденствиями и солнцестояниями – неодинакова. Гиппарх провел новые весьма точные наблюдения (у него получилось, что зима длится 94,5 суток, а лето – 92,5) и собрал все необходимые данные для построения модели солнечного движения.

Отказаться от равномерного движения по идеальному кругу было невозможно по философским соображениям, зато условие об обязательном совпадении центра орбиты и центра Земли не выглядело таким уж обязательным, зато его нарушение открывало широкие возможности. Если оставить Землю  $T$  в центре мира, но сместить центр солнечной орбиты  $E$  на некоторую величину (расстояние  $ET$  и есть экс-

центр), то равномерное движение Солнца уже не будет казаться нам таковым. В самом деле, путь  $S_4-S_1-S_2$  совершается за то же самое время, что и равный ему путь  $S_2-S_3-S_4$ . Однако очевидно, что обращенный к точке  $S_1$  угол  $S_2-T-S_4$  меньше  $180^\circ$ , а обращенный к точке  $S_3$  угол  $S_2-T-S_4$  больше  $180^\circ$ , и потому земной наблюдатель увидит, что Солнце за одинаковое время проходит разные части эклиптики или же, что то же самое, движется с переменной скоростью. Для имеющих данные Гиппарх отыскал следующее решение: расстояние  $ET$  составляет  $1/24$  радиуса солнечной орбиты  $ES$  (на чертеже этот размер показан несколько большим, поскольку в истинном масштабе точки  $E$  и  $T$  почти совпадут), а линия весеннего равноденствия отклонена от солнечного апогея  $S_1$  на угол  $64,5^\circ$ .



Гиппарх также показал, что движение Солнца не испытывает никакого вертикального отклонения от эклиптики, и тем самым развеял древнее заблуждение греков по этому вопросу. Полученная модель позволяла с очень высокой точностью определять видимое положение Солнца на небе. Что касается изменения расстояния от Земли до Солнца, то здесь модель работает не очень хорошо (и это неудивительно, поскольку реальная орбита Земли представляет собой эллипс, а не окружность), но античные астрономы не могли на глаз определить изменения видимых размеров солнечного диска, а потому указанной проблемы для них не существовало. Фактическая точность наблюдений, доступная в последующие 1700 лет, не требовала никаких серьезных улучшений солнечной теории Гиппарха, если, конечно же, не забывать о сделанном им же открытии прецессии равноденствий, которая здесь никак не учтена.

Теория движения Луны могла бы полностью соответствовать солнечной, но периоды лунных ускорений и замедлений каждый месяц приходятся на различные созвездия, поэтому Гиппарху пришлось допустить, что центр лунной орбиты  $E$  дополнительно еще и сам равномерно оборачивается вокруг точки  $T$ . Причем для отыскания решения Гиппарх совместил данные о лунных затмениях и уже разработанную им теорию движения Солнца. Полученная модель оказалась уже не так хороша, поскольку реальное движение Луны является весьма сложным, и на него влияет множество разных факто-

ров, однако даже достигнутая точность позволила Гиппарху предсказывать затмения намного лучше, чем это делали вавилонские астрономы.

# Подвижный эксцентр. Теория движения планет

Несложно увидеть, что использование неподвижного эксцентра не позволяет моделировать ретроградное движение планет, а вот теория подвижных эксцентров оказалась достаточно гибкой и открывала широкие возможности, суть которых заключается в следующем. В центре мира располагается Земля, которая совершает оборот вокруг своей оси за одни сутки. Тут необходимо сделать пояснение: имеются доводы в пользу того, что Гиппарх являлся сторонником теории подвижной Земли, хотя существуют аргументы и в пользу иного мнения, поэтому все дальнейшие пояснения мы будем делать без учета суточного вращения небес, хотя читатель может мысленно учитывать и его. В любом случае большинство античных астрономов искренне полагали Землю неподвижной.

По круговым орбитам вокруг Земли обращаются Солнце (за 1 год с неподвижным эксцентром  $E_S$ ) и Луна (за 27 суток с подвижным эксцентром  $E_L$ , у которого имеется своя круговая орбита, изображенная пунктиром). Внутренние планеты – Меркурий и Венера (обозначены на схеме как  $V$ ) – движутся по окружностям, центры которых  $E_V$  не совпадают с цен-



ходимо подбирать свое положение эксцетра, а также радиус орбиты, и если сделать это достаточно хорошо, то траектория внешних планет будет соответствовать наблюдаемым попятным движениям, равно как и изменению яркости.

Попробуем разобраться, насколько же эффективны подвижные эксцентры для объяснения ретроградного движения. Мы помним, что греки хорошо осознавали изменения расстояний от Земли до планет, причем нетрудно было заметить, например, что Марс всегда наиболее ярк в момент противостояния с Солнцем, а по мере приближения к нему – наоборот, тускнеет. Это легко понять в случае гелиоцентрической системы, но ситуация меняется, если в центр мира поместить Землю, поскольку движения планет и Солнца на первый взгляд не кажутся связанными. Подвижный эксцентр, однако же, легко все объясняет.



Для простоты построения временно пренебрежем эксцентром Солнца, что почти не скажется на результате. Закрепим теперь центр  $E_n$  орбиты Марса на линии Земля-Солнце, и в таком случае он станет совершать оборот вокруг Земли за один год (вместе с Солнцем). Самому марсу  $N$  назначим движение по его собственной круговой орбите с его истин-



$> 365,25 \cdot 2 = 730,5$ ). На второй год своего движения он начнет какое-то время двигаться в сторону обратную вращению эксцента, поскольку движения эксцента вместе с Солнцем и движение Марса по орбите будут происходить в противоположных направлениях.

Правильный подбор положения эксцента и радиуса марсианской орбиты обеспечит нам необходимую ширину петли ретроградного движения. А поскольку периоды обращения Солнца (365,25 суток) и Марса (780 суток) не синхронизированы, то траектория Марса окажется незамкнутой, и в следующий раз противостояние произойдет в иной точке зодиака – именно так, как это и наблюдается в действительности.

Легко понять, что уже известная нам система Гераклита, в которой Меркурий и Венера обращаются вокруг Солнца, является просто частным случаем системы с эксцентами (когда они совпадают с Солнцем), но большинство астрономов его не приняли. Вероятно, причина тут заключается в том, что Солнце не воспринималось каким-то особенным небесным телом, тем более что его траектория была не так замысловата, как например, у Марса. По этой причине никто из античных мыслителей не отважился высказать, казалось бы, вполне логичную гипотезу о том, что все планеты вращаются вокруг Солнца, и лишь оно вместе с Луной – вокруг Земли. Маловероятно, что такой талантливый математик, как Аполлоний, не увидел, как сильно упрощаются построения, если

допустить вращение всех планет именно вокруг Солнца, однако даже у него подобная идея не возникла, либо же возникла, но была почему-либо сочтена неприемлемой. Спустя восемнадцать столетий эту элегантную и относительно простую систему предложит Тихо Браге, но ни один античный источник о ней упоминает.

С физической точки зрения модель с эксцетрами может показаться несколько странной, поскольку требует закрепления центров планетарных орбит в пустоте, однако необходимо учесть несколько моментов. Во-первых, эксцентры являлись просто математическим инструментом, а потому не требовали объяснения, как устроена соответствующая им Вселенная (тем более что все прочие предлагаемые варианты тоже выглядели сомнительно). Во-вторых, было достаточно несложно (на самом деле – очень сложно, но все же вполне по силам искусным греческим мастерам) изготовить небесный глобус именно для такой системы, а, значит, и высшие силы могли организовать соответствующий космический механизм. К тому же главный античный принцип, объявляющий все небесные движения круговыми и равномерными, строго соблюдался, а это было самым важным. К тому же греческая мысль не считала центр мира каким-то особым местом или источником порядка (даже у Аристотеля тяжелые предметы падали туда благодаря собственному внутреннему свойству, а не исходящему из центра мира притяжению), поэтому в пространстве вполне могли существовать какие-то особые

точки, к которым привязаны планетарные движения. Таким образом, гипотеза об эксцентрах вполне согласовалась с античной философией и одновременно спасала явления.

Тем более, что практическая астрология стремительно развивалась и не могла ждать. Точные траектории небесных тел требовались для гаданий, гороскопов и медицинских диагнозов. Совместная работа, которая велась в Александрийском Музее, в Пергаме и на Родосе по своим масштабам была уникальной для всего эллинистического и римского мира. Сходную точность не могли получить никакие другие астрономы, а потому все иные математические модели сразу же уходили из обращения как ненадежные, а, значит – бесполезные. В этой связи нужно понимать, например, что концепция Аристарха не была разработана математически, и, несмотря на свою перспективность, потребовала бы колоссального объема новых вычислений (работа непосильная для одного человека), тогда как геоцентрические системы улучшались уже достаточно давно. Каждую планету наблюдали и обсчитывали независимо от других, и в результате получилось, что все движения завязаны на период в точности равный одному солнечному году. Это был занятный и малопонятный результат, но не более того. Так получилось.

И, наконец, астрономов в первую очередь интересовало то, как выглядят небесные движения конкретно для земных наблюдателей. Иными словами, даже из практических соображений гораздо проще и понятнее было считать Землю цен-

тром мира, поскольку в ином случае все равно пришлось бы производить сложный пересчет гелиоцентричных результатов в псевдо-геоцентрические.

# Деференты и эпициклы.

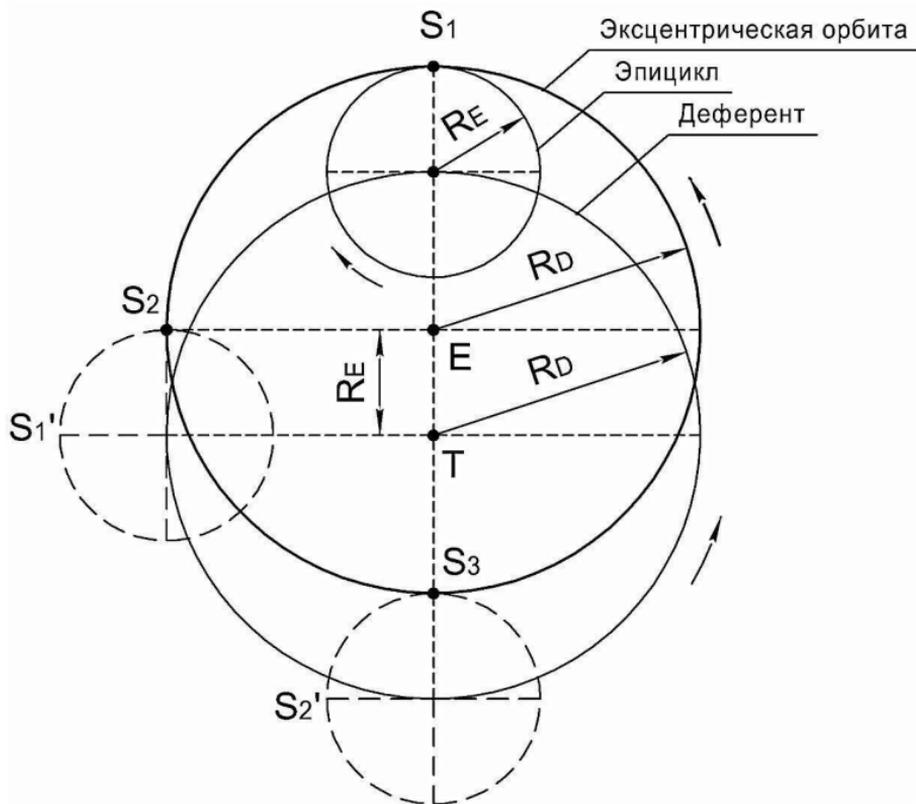
## Теория Солнца

Если мы еще раз взглянем на модель с подвижным эксцентром, то сможем переформулировать ее следующим образом: планета движется по круговой орбите (назовем ее эпициклом), центр которой (то есть, собственно, эксцентр) расположен на другом круге (назовем его деферентом), концентричным с Землей. В данном случае мы никак не поменяли геометрическое содержание, но теперь нам больше не требуется условная точка, которая почему-то перемещается в пустоте. Уже Аполлоний показал, что модель с неподвижным эксцентром и модель с деферентом-эпициклом полностью эквивалентны. Также и Гиппарх сразу поясняет, что его решение для Солнца одинаковым образом получается из двух различных гипотез:

Гипотеза 1: Солнце движется по кругу с радиусом  $R_D$  с периодом в один год, причем центр этого круга  $E$  находится на расстоянии  $R_E = R_D/24$  от Земли  $T$  (этот вариант движения мы уже рассмотрели выше).

Гипотеза 2: Солнце с периодом в один год движется по эпициклу с радиусом  $R_E$ , а центр данного эпицикла также за один год движется по концентричному Земле деференту

с радиусом  $R_D$ . Направление вращения на деференте совпадает с направлением вращения на эксцентре, а вот вращение на эпицикле совершается в противоположную сторону.



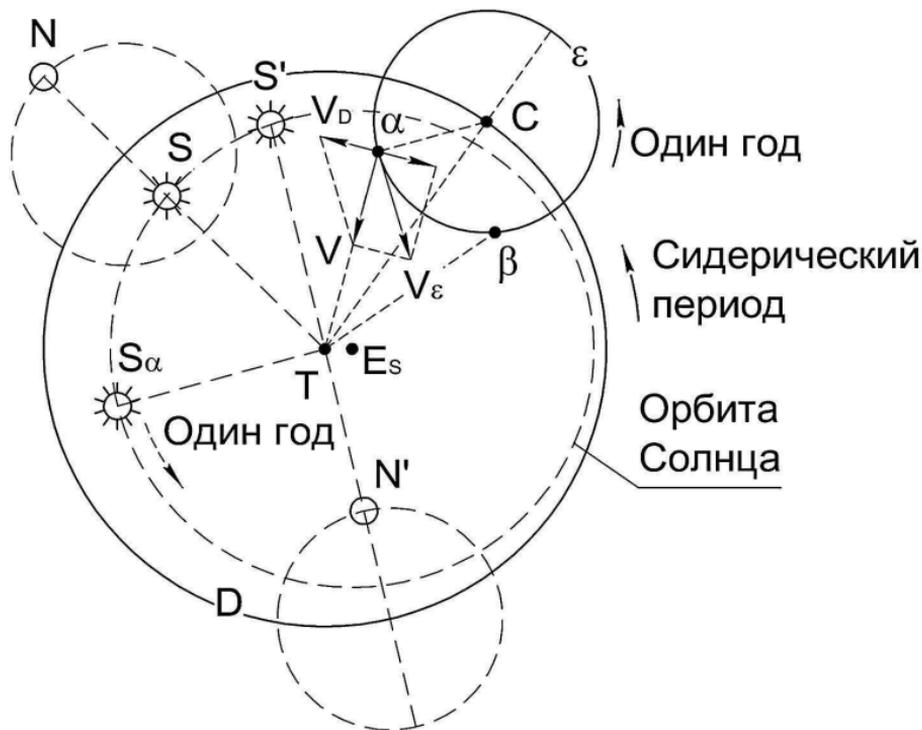
Из чертежа легко увидеть, что описанные модели действительно эквивалентны. Пусть в начальный момент времени Солнце находится в положении  $S_1$ . Направления вращения всех кругов обозначены стрелками. Когда эксцентрическая орбита повернется на четверть оборота против часовой

стрелки относительно точки  $E$  (то есть – эксцентра), расположенное на ней Солнце перейдет в положение  $S_2$ . Одновременно с этим деферент также повернется на четверть оборота в том же направлении, но относительно точки  $T$  (то есть – Земли). Если бы эпицикл был жестко закреплен на деференте, то размещенное на эпицикле Солнце переместилось бы в положение  $S_1'$ , однако в нашей системе эпицикл сам повернулся на четверть оборота, только уже по часовой стрелке, и поэтому Солнце также перейдет в положение  $S_2$ . Обе системы совпали. Аналогичные рассуждения можно повторить для любой точки солнечной траектории, хотя построения могут оказаться чуть более сложными.

# Деференты и эпициклы. Теория для внешних планет

Всё сказанное о Солнце, эксцентре и эпицикле можно с тем же успехом распространить и на траектории планет, причем уже Аполлоний показал, что с помощью системы деферент-эпицикл успешно объясняются ретроградное движение и стояния, если направления вращений на деференте и эпицикле совпадают. Покажем это на чертеже сперва для внешней планеты, то есть – Марса, Юпитера либо Сатурна. Пусть планета  $N$  равномерно движется на круговом эпицикле  $\epsilon$ , центр которого  $C$  совершает равномерное движение на деференте  $D$ , концентричном с центром Земли  $T$ . Движение по деференту происходит в направлении следования знаков зодиака на эклиптике и называется движением по долготе. Движение на эпицикле называется движением по аномалии и осуществляется в том же направлении. Теперь назначим точке  $C$  время обращения вокруг Земли  $T$  равное сидерическому периоду для соответствующей планеты (у Марса это 1,88 года; у Юпитера – 11,87 лет; у Сатурна – 29,46 лет), а самой планете  $N$  назначим время обращения по эпициклу равное ровно одному году (то есть 365,25 суток). Иными словами, скорость вращения у эпицикла намного больше, чем у деферента, и при правильном подборе их радиусов можно

добиться высочайшей точности в описании небесного движения.



В самом деле, скорость планеты  $V$  складывается из векторной суммы скорости на деференте  $V_D$  и скорости на эпицикле  $V_\epsilon$ . Причем составляющая  $V_\epsilon$  всегда постоянна, а  $V_D$  возрастает пропорционально удаленности от Земли. Когда планета достигнет некоторой точки  $\alpha$ , обе ее скорости сложатся так, что результирующий вектор  $V$  окажется направленным строго на наблюдателя T. Визуально покажется, что планета остановилась. Отметим, что линия от точки T до

планеты является линией зрения, а наблюдаемое движение по небесной сфере воспринимается как перпендикулярное к линии зрения. При этом скорость  $V_D$  всегда будет направлена именно перпендикулярно линии зрения, тогда как направление скорости  $V_E$  непрерывно изменяется. Точка  $\alpha$  имеет такую особенность, что проекция скорости  $V_E$  на перпендикуляр к  $T-\alpha$  оказывается равной  $V_D$ , но направленной в противоположную сторону.

После того, как планета пройдет точку  $\alpha$ , ее видимое из  $T$  движение станет попятным, поскольку обратная скорость на эпицикле превысит прямую скорость на деференте. Так будет продолжаться до тех пор, пока планета не достигнет точки  $\beta$  (симметричной  $\alpha$  относительно  $C$ , хотя нужно помнить, что сам центр эпицикла за это время сместится по деференту), где суммарный вектор  $V$  окажется направленным строго от наблюдателя  $T$ , и произойдет очередное стояние. Далее планета начнет постепенно ускоряться и продолжит свое прямое перемещение по эклипике.

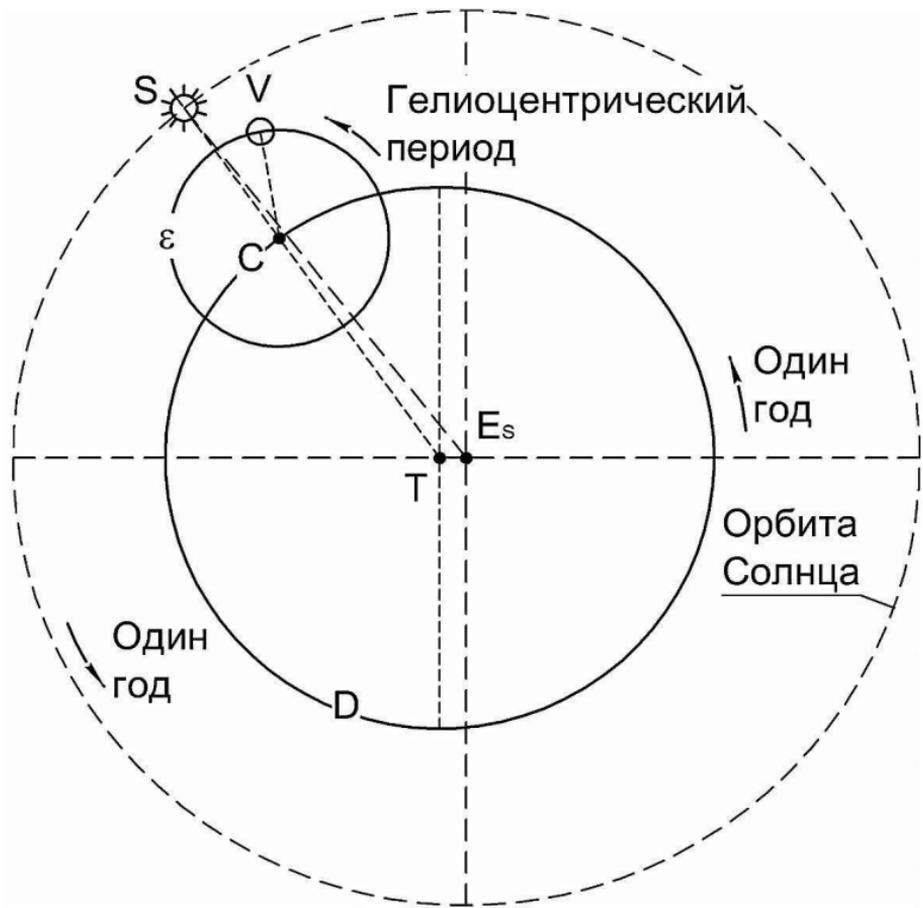
Разобравшись с ретроградной петлей, продолжим совершенствовать нашу модель. Орбиту Солнца представим в виде круга с неподвижным эксцентром  $E_S$ , хотя не будем забывать, что такую же траекторию можно получить с помощью деферента и эпицикла. Когда планета окажется на максимальном удалении от Земли (в точке  $N$ ), то она должна одновременно находиться и в противостоянии с Солнцем  $S$ , которое будет располагаться строго на линии  $TN$ . Аналогич-

но, когда планета окажется ближе всего к Земле (в точке  $N'$ ), то она одновременно должна находиться в соединении с Солнцем  $S'$ , которое будет располагаться строго на линии  $TN'$ , причем дальше от Земли, чем сама планета. Поскольку период обращения Солнца вокруг Земли  $T$  совпадает с периодом обращения планеты по эпициклу, то радиус планеты на эпицикле всегда параллелен линии Земля-Солнце. Например, в момент, когда планета находится в точке  $\alpha$ , Солнце находится в точке  $S_\alpha$ , причем радиус  $C-\alpha$  параллелен отрезку  $T-S_\alpha$ . В античной традиции движение на эпицикле всегда отсчитывали от положения, когда планета находится на максимальном удалении от Земли.

# Деференты и эпициклы.

## Теория для внутренних планет

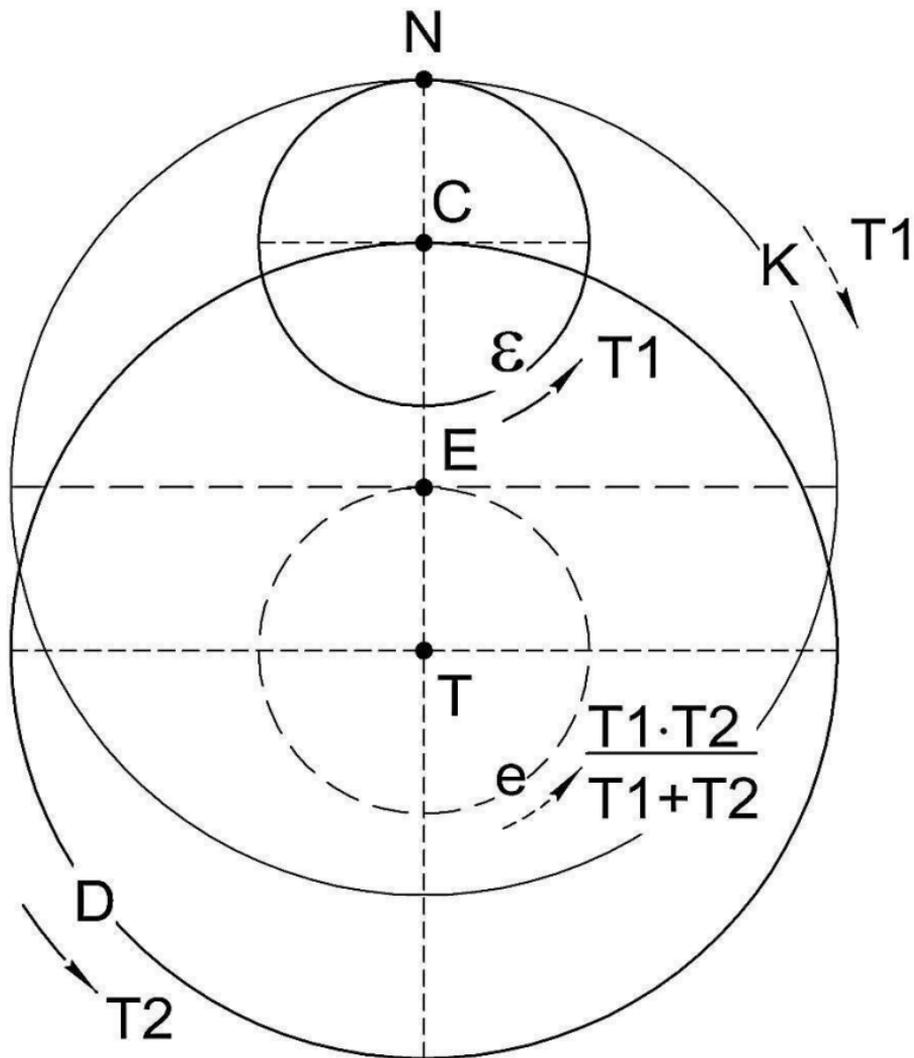
Для Меркурия и Венеры система окажется несколько иной. Движение центра эпицикла  $C$  по деференту в обоих случаях занимает год, причем линия  $ТС$  всегда проходит через Солнце  $S$ . А вот движение на эпицикле происходит за гелиоцентрический период (для Меркурия это примерно 88 суток, а для Венеры – 225 суток). Тут нужно пояснить, что в современной астрономии гелиоцентрический период как раз и является сидерическим – промежутком времени, за который планета совершает оборот вокруг Солнца, – но в античности под сидерическим понимали кажущийся период обращения вокруг Земли. Мы вслед за греками и дабы не создавать путаницы продолжим придерживаться древней терминологии.



# Эквивалентность моделей с подвижным эксцентром и моделей с деферентом-эпициклом

Несложно показать, что для всех планет систему из концентрического деферента и эпицикла можно заменить на систему с подвижным эксцентром. Радиусы деферента  $D$  и эксцентричного круга  $K$ , а также эпицикла  $\epsilon$  и круга  $e$ , по которому обращается подвижный эксцентр  $E$ , принимаются равными. Периоды обращения эпицикла  $\epsilon$  и эксцентричного круга  $K$  принимаются одинаковыми и равными  $T_1$ . Тогда, если период обращения деферента принять за  $T_2$ , то период обращения эксцентра  $E$  по кругу  $e$  должен быть равным  $(T_1 \cdot T_2)/(T_1 + T_2)$ . В физическом смысле последняя формула означает, что круг  $e$  вращается по эклиптике с частотой, равной сумме частот деферента (равна  $1/T_2$ ) и эпицикла (равна  $1/T_1$ ), то есть совершает одновременно и движение по долготе (сидерическое), и по аномалии (солнечное), а круг  $K$  затем компенсирует лишнее солнечное движение. Так или иначе, но в обоих случаях траектории окажутся одинаковыми не только для наблюдателя с Земли, но и для стороннего наблюдателя, поскольку обе гипотезы являются геометрически тождественными. Основное отличие тут будет заклю-

чатся не в периодах, а в том, что обращения на деференте и эпицикле совершаются в одном направлении – вдоль эклиптики в направлении зодиака; тогда как движение на эксцентрическом круге будет осуществляться против зодиака, хотя сам эксцентр будет оборачиваться по эллиптике в прямом направлении. Впрочем, едва ли данное различие представлялось древним астрономам важным.



До Аполлония и еще некоторое время после него (а во многом – именно благодаря ему) античные астрономы работали с обеими вариантами построений, но постепенно ги-

позеца подвижного эксцетра уступила место системе деферента-эпицикла. Этому способствовало две причины. Первая из них носила скорее терминологический характер, поскольку считалось, будто подвижные эксцентры применимы лишь для внешних планет, но не могут быть использованы при описании движения Меркурия и Венеры, а вот эпициклы одинаково хорошо работают во всех случаях. Такое мнение греческих геометров не совсем верно, поскольку мы уже показали, что оба варианта построения траекторий полностью тождественны. Более того, они всегда имеют тривиальный вариант обращения друг в друга: принять траекторию эксцетра  $E$  (то есть круг  $e$ ) за деферент  $D$ , а эксцентричный круг  $K$  принять за эпицикл  $\epsilon$ . Другое дело, что деферент и эпицикл – это когда малый круг движется по большому (эпицикл это буквально надкруг), тогда как в случае подвижного эксцетра всё наоборот: большой круг обращается по малому.

Для древних астрономов, однако же, ситуация выглядела так, что изначально найденные для Меркурия и Венеры решения с годовым периодом на первом круге и гелиоцентрическим периодом на втором круге, сами по себе сразу воспринимались именно как деферент и эпицикл. Пересчитывать их на подвижный эксцентр не имело смысла, поскольку в таком случае при построениях терялась бы непосредственная связь с Солнцем, от которого эти планеты никогда не отходили далеко. Конечно, в результате все равно получи-

лось бы, что Меркурий и Венера всегда оказываются в нужном месте, однако промежуточные построения вычерчивались бы независимо от Солнца, а ведь его положение тоже нужно было определять.

И здесь мы вплотную подошли ко второй причине: теория эпициклов намного проще. Она наглядно и даже «физично» (хотя натурфилософы бы с этим не согласились) иллюстрирует стояния и ретроградные движения планет, а сами деференты и эпициклы существенно легче вычерчивать, особенно если одновременно строить еще и траекторию Солнца. Относительная простота станет особенно важным фактором, когда для повышения точности моделей потребуется вносить в систему дополнительные эпициклы.

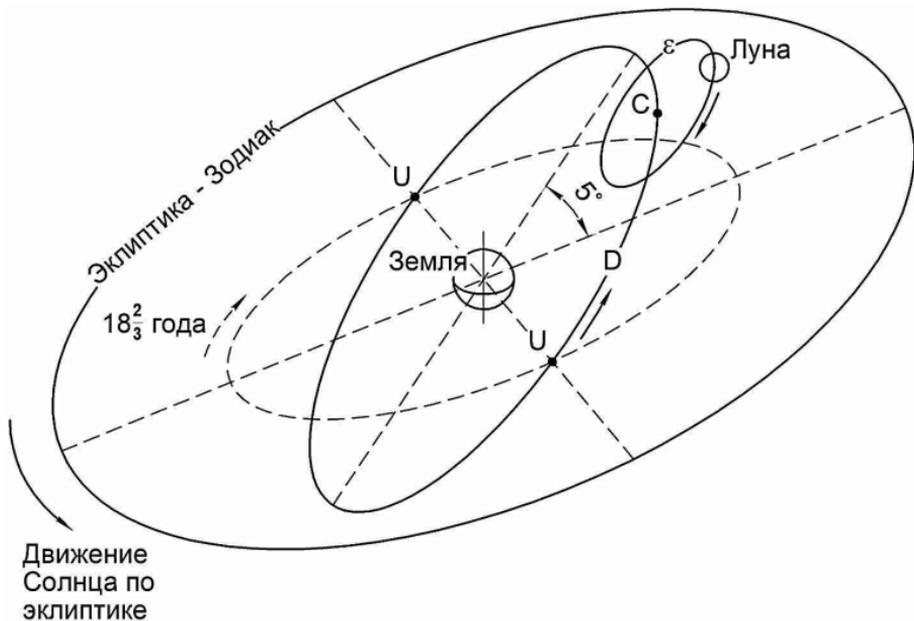
# Лунная теория Гиппарха

Что касается Гиппарха, то он определенно отдавал предпочтение эпициклам, поскольку полагал, что мир устроен симметрично, и едва ли разные планеты должны описываться различными гипотезами. Впрочем, движения всех пяти планет оказались настолько сложными, что никакого численного решения отыскать не удавалось, и Гиппарх ограничился общими подходами к построению траекторий. У него хватило интеллектуальной честности признать, что имеющихся наблюдений хватает лишь на создание теорий Солнца и Луны, в движении которых имеется лишь одно неравенство – переменная скорость перемещения по небу. Здесь мы наблюдаем весьма редкое для античности явление, когда автор признавал свою некомпетентность в чем-либо, однако имелось уже достаточно наблюдений, которые позволяли твердо заключить: планеты не только описывают петлю (второе неравенство), но также изменяют скорость своего движения (первое неравенство). Обе эти особенности планетарных траекторий приводят к тому, что дуга попятного движения меняет свою длину (в действительности это вызвано тем, что планета движется по эллиптической орбите с переменной скоростью), а такой эффект уже не удавалось объяснить с помощью эпицикла или подвижного эксцентра.

Предшественники Гиппарха, очевидно, еще не знали о переменных скоростях планет на зодиаке, однако новые данные явственно говорили, что старые математические теории не соответствуют явлениям. Этот факт не вызывал сомнений, но Гиппарх еще плохо понимал, что же конкретно ему необходимо объяснить. Неравномерности планетарного движения трудно зафиксировать, но даже самые точные инструменты не могли дать быстрого результата, ведь Юпитер совершает полный круг по небу за двенадцать лет, а Сатурн – почти за тридцать. Сбор числовых данных требовал многих десятилетий тщательных наблюдений, которые нужно было еще суметь организовать: подготовить оборудование и специалистов, наметить план работ, получить финансовую поддержку. Гиппарх сформулировал проблему, но оставил ее решение своим последователям.

Для Луны, напротив, наблюдений имелось в избытке, поэтому Гиппарх смог использовать записи о различных затмениях при работе с гипотезой эксцентра и с гипотезой эпицикла, что привело к несколько разнящимся результатам. Как мы уже знаем, ускорения и замедления лунных движений приходятся каждый раз на новые созвездия, поэтому Гиппарх назначил ей периоды обращения по деференту и эпициклу не в точности равными одному лунному месяцу, но несколько отличными друг от друга. При этом деферент  $D$  и эпицикл  $\epsilon$  были наклонены относительно плоскости эклиптики на  $5^\circ$  (что также имело место и в теории с эксцен-

тром). Но самое важное, что согласно наблюдениям узлы лунной орбиты  $U$ , то есть точки ее пересечения с эклиптической (а именно рядом с этими точками по понятным причинам и происходят затмения, как солнечные, так и лунные), не стоят на месте. Причиной данного явления является прецессия лунной орбиты, но Гиппарх по понятным причинам не мог этого знать, и просто назначил узлам  $U$  обратное обращение по эклиптике с периодом  $18\frac{2}{3}$  года (что очень близко к истинному значению в 18,612958 лет). Центр эпицикла  $C$  движется по деференту в том же направлении, что и Солнце, а сама Луна обращается по окружности эпицикла в обратном направлении. За один лунный месяц изменение долготы (движение на деференте) должно превышать изменение аномалии (движение на эпицикле) примерно на  $3^\circ$ .



Разница в результатах, о которой было сказано выше, заключалась в следующем. Отношение радиусов эпицикла и деферента было определено Гиппархом через максимальное видимое отклонение Луны от теоретического положения центра эпицикла С и оценено как  $R_{\varepsilon}/R_D = 0,0793\dots$ , что дает максимальное отклонение в  $4^{\circ}33''$  (это значение намного меньше истинного). Для другой своей модели Гиппарх определил отношение эксцентриситета к радиусу эксцентрической орбиты как 0,1042 и получил максимальное отклонение уже в  $5^{\circ}59''$ . Такая большая разница в отклонениях вызывает некоторые вопросы. Поскольку греки не знали десятичных дробей, то указанные отношения были в оригинале записа-

ны как  $247\frac{1}{2}$  к  $3122\frac{1}{2}$  и  $327\frac{2}{3}$  к  $3144$  соответственно, причем сам способ получения именно таких необычных цифр не указывался. Однако мы можем предположить, что различия в результатах объясняются в первую очередь тем, что из-за необходимости решать обратную задачу – построить два круга по заданному отклонению – Гиппарху требовалось произвести достаточно сложные геометрические построения и вспомогательные вычисления, в которых для упрощения допускались слишком грубые округления. В любом случае обе теории

Поскольку в работе о лунных движениях Гиппарх опирался на вавилонские и александрийские данные о затмениях, то в этом вопросе (а умение предсказывать затмения являлось одним из важнейших для астролога), равно как и во всем, что касается полнолуний и новолуний, его теория работала достаточно хорошо. Казалось бы, что таким образом, удалось объяснить первое неравенство, связанное с изменением видимой скорости из-за эллиптичности орбиты, однако уже для фаз первой и последней четверти модель далеко не всегда показывала приемлемую точность. Выяснилось, что существует еще какое-то второе неравенство, определяемое расположением Луны относительно Солнца. В этом месте Гиппарх был вынужден сдаться, оставив дальнейшие исследования своим будущим последователям. При этом твердо установленный факт, говорящий о том, что абсолютно все блуждающей небесные тела – и пять планет, и Луна – нахо-

дятся в какой-то связи с Солнцем, никак не повлиял на общие соображения об устройстве космоса. Математическая астрономия уже давно занималась исключительно расчетами положений планет, не претендуя на какой-либо голос в вопросах натурфилософии. Считалось, что Гиппарх, лучший астроном своей эпохи, плохо знал метафизику и не понимал, каковы должны быть настоящие небесные движения.

# Физические представления эллинизма об устройстве космоса

Если же говорить о структуре вселенной, которую античная мысль соглашалась признавать истинной, то речь шла лишь о какой-либо адаптации системы концентрических сфер, ведь ее принял Аристотель, а следом за ним – стоики. С середины III века до нашей эры начинается подъем этой философской школы, которую можно считать естественной реакцией на кризис переусложнившейся метафизики. Если среди профессиональных интеллектуалов был более популярен неоплатонизм, то простые образованные люди не желали и не могли вникать в тонкости абстрактных учений. Требовалась какая-то простая и стройная картина мира, построенная на твердой почве понятных физических явлений. В этом смысле учение стоиков, ориентированное на приобретение добродетели посредством умственного развития, стало наиболее влиятельным философским направлением эллинистического мира и лишь укрепило свои позиции при владычестве прагматичных римлян. Физическую основу для своих воззрений стоики взяли у Аристотеля, но в целом вопросы естествознания их мало волновали, потому, сформировав простое и связное учение, они окончательно переключились на логику и этику.

Полагалось, что мир является живым божественным организмом, который управляется единым законом – логосом. Высшая власть исходит с небес в виде первичной субстанции – эфира (иногда эту роль отводили огню или огненной пневме), – различной концентрацией которого объясняются свойства земных веществ. Таким образом, все существующее телесно и даже сила представляет собой тончайшую материю, и вся она (то есть весь мир) являет единое целое с Божеством. Можно сказать, что физика стоиков представляла собой пантеизм. Мир описывался ими как система вложенных друг в друга концентрических сфер с Землей в центре. Вся эта конструкция имела конечную протяженность, за границами которой находилась пустота: безграничная либо же просто очень большая. Шарообразные небесные тела состояли из огненных земных испарений, а Солнце поднималось и опускалось по небу, чтобы захватить как можно больше этого питания. Здесь мы видим апелляцию даже не к Аристотелю (который решительно отвергал столь наивные воззрения), а к более древним мыслителям, чья позиция, очевидно, была недалеко от простых народных верований.

Об орбитальном движении Солнца стоики не знали: летом оно поднималось выше, а зимой – ниже, и, пожалуй, это все, что замечает обычный человек. Попытное движение планет также представлялось чем-то неважным: блуждающие звезды просто оборачивались вокруг Земли медленнее обычных, да еще замысловато колебались вверх-вниз, каждая в своем

интервале. Разумеется, ни о каких серьезных попытках доработать теорию гомоцентрических сфер речи не шло, да и не могло идти. Большинство приверженцев стоицизма не владели геометрией, тем более на таком уровне, чтобы понять построения Евдокса и Калиппа.

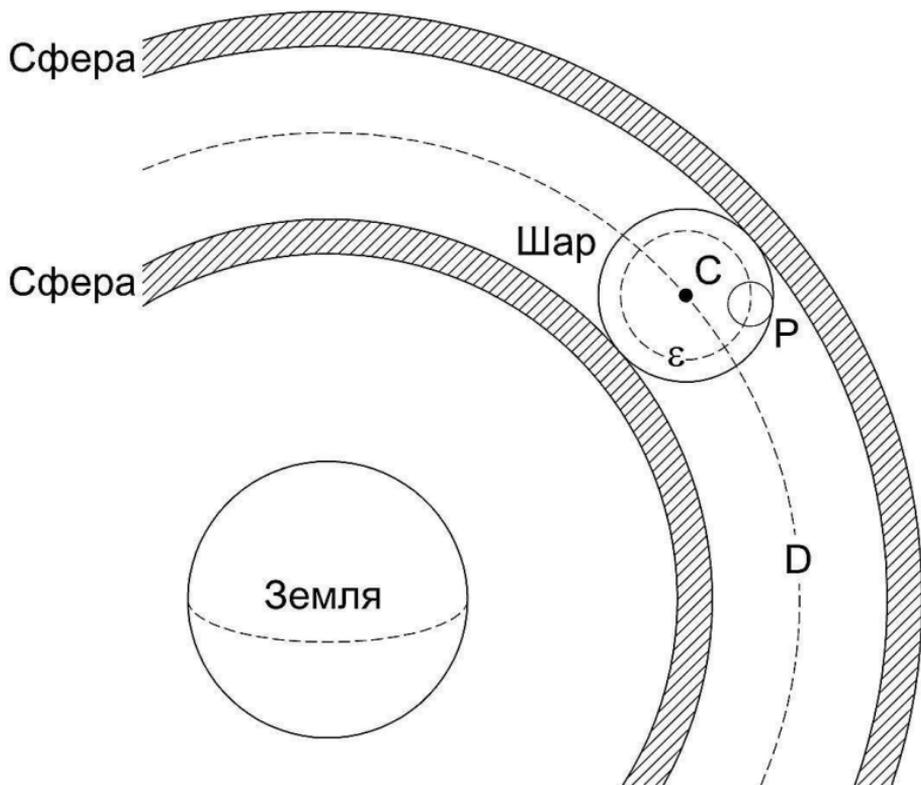
Многие современные авторы видят здесь чудовищный шаг назад, ведь уже пифагорейцы знали, что у каждой планеты имеется не только суточное, но еще и собственное замысловатое движение по наклонной орбите. Платон и Аристотель соглашались с этим фактом, хотя и не являлись профессиональными астрономами. Последние к тому моменту и вовсе занялись установлением различных аномалий в перемещениях небесных светил. Здесь, однако же, нужно понимать следующее. Как бы мы не относились к учениям Платона и Аристотеля, но оба этих человека, безусловно, являлись умнейшими и образованнейшими людьми своего времени. У них обоих было много последователей, но лишь немногие могли встать с ними на одну ступень, охватив своим интеллектом сразу столь многое. Если же говорить об античных математиках, которые развивали астрономические теории, то это всегда были люди с исключительными способностями к вычислениям и геометрии, а таких людей во все времена рождается немного. В античности просто не могло быть много людей, способных разобраться в небесных движениях. К тому же астрология все равно не зависела от точности любых построений, и если требовалось не только предсказать

затмение, но и узнать, что именно говорят звезды касательно какого-либо вопроса, то здесь большим успехом пользовался харизматичный демагог, а не талантливый математик.

Иными словами, весь объем древних астрономических знаний держался на записях вавилонских и египетских жрецов, которые не занимались построением осмысленных теорий, а также – на работе относительно небольшого числа талантливых эллинов, которые сумели получить щедрое содержание при Александрийском Музее либо где-то еще. Большинство греков и римлян не имели ни способностей, ни времени, ни средств, чтобы просто изучить геометрию на том уровне, который позволил бы вычерчивать траектории планет с помощью эпициклов. Даже такие просвещенные римские авторы как Цицерон (I век до нашей эры) или Сенека (I век нашей эры), а также греческие доксографы – составители многочисленных популярных энциклопедий – не были знакомы с современными математическими теориями и принимали взгляды стоиков на устройство Космоса, как единственно разумные.

Сложившаяся ситуация не менялась затем многие века: профессиональные математики продолжали придерживаться теории эпициклов, тогда как все остальные чаще всего отдавали предпочтение концентрическим сферам. Для того чтобы примирить обе этих концепции, античные астрономы предложили следующую трактовку. Если допустить существование двух полых концентричных сфер, а между ни-

ми установить малый перекатывающийся шар, на котором закреплена планета Р, то ее движение относительно Земли окажется точно таким же, как и в системе деферент-эпицикл. При этом уже не требовалось разбираться в обращениях воображаемых кругов, поскольку вся конструкция выглядит вполне материальной. В результате стоики смогли принять идею эпициклов, не отказываясь при этом от сфер Аристотеля.



# Порядок расположения планет

Если математическая астрономия мало влияла на общепринятые представления об устройстве мира, то обратное влияние иной раз оказывалось достаточно сильным. Так, в стоических кругах быстро закрепилась идея о том, что именно огонь (а вовсе не абстрактный эфир, как это утверждал Аристотель) является истинной первичной субстанцией. Сложно сказать, насколько сильны тут были глубокие философские соображения, или же популярное учение просто переняло народное поклонение очагу. Так или иначе, но наделение огня особым статусом напрямую приводило к мысли о важной роли Солнца и его всепроникающем влиянии на устройство мира. Классическая метафизика наоборот стремилась как можно дальше уйти от древних традиций, а потому низвела Солнце на столь посредственное положение, что даже открытие связанных с ним аномалий в движениях всех планет и Луны не привели к серьезному обсуждению возможных причин данного факта.

Теперь же, благодаря стоикам, метафизические аргументы, напротив, начали некоторым образом примирять античную мысль с особой ролью Солнца. В самом деле, у человека центр тела находится в районе пупка, а душа – источник всех желаний, способностей и разума – сосредоточена в горячем

бьющемся сердце. Можно поэтому предположить, что холодная Земля находится в геометрическом центре вселенной, а огненная душа мира расположена несколько в стороне. В таком случае вполне допустимо даже обращение Меркурия и Венеры вокруг Солнца, ведь душа тоже является своего рода центром. Последнее соображение, впрочем, хоть и появлялось у некоторых авторов, но никогда не становилось популярным. Зато подобные рассуждения наверняка повлияли на представления о порядке расположения планет. Издревле Анаксагор, пифагорейцы, а за ними Платон, Евдокс и Аристотель придерживались следующей традиционной последовательности

*Земля-Луна-Солнце-Венера-Меркурий-Марс-Юпитер-Сатурн-Сфера звезд*

и стойки сперва переняли от предшественников этот же порядок, однако постепенно перешли к иному варианту

*Земля-Луна-Меркурий-Венера-Солнце-Марс-Юпитер-Сатурн-Сфера звезд.*

Легко видеть, что в новом списке Солнце занимает особое положение ровно посередине между Землей и неподвижными звездами, причем с одной стороны находятся те планеты, которые не могут удаляться от него далеко, а с другой те, что свободно обходят всё небо.

Вероятно, что новый порядок пришел из Месопотамии, где планеты издревле располагали именно так, обозначая их именем названия дней недели. Цицерон утверждает, что дан-

ную последовательность впервые ввел родившийся в Селевкии и обучавшийся в Афинах философ-стоик Диоген Вавилонский. В данном случае мы очень хорошо видим, как новые астрономические знания проникли в античную мысль безо всякой связи с достижениями греческих математиков, более того – они сами затем переняли общепринятое мнение. Вероятно, уже Гиппарх придерживался именно такого варианта расположения планет. Птолемей принимал данный вариант как наиболее вероятный, хотя и уточнял, что невозможно привести доказательства истинности этой последовательности, впрочем, как и какой-либо иной. Так или иначе, но вплоть до Коперника никто не пытался подвергнуть указанный порядок серьезному сомнению.

# **ГЛАВА СЕМНАДЦАТАЯ. ВЕЛИКОЕ ПОСТРОЕНИЕ**

## **Античная астрономия после Гиппарха. Клавдий Птолемей**

Два с половиной столетия после смерти Гиппарха античная астрономия не знала ярких имен, пока во II веке нашей эры не засияла, наконец, звезда Клавдия Птолемея. Насколько огромным оказался вклад этого человека в сокровищницу человеческой мысли, столь же мало нам о нем известно. Современники не оставили о нем никаких упоминаний (и этот факт кажется несколько странным), а сам он писал о себе крайне скупно. Изначально его пытались связывать с ранее царствующей эллинистической династией, но скорее всего это ошибка, поскольку имя Птолемей являлось весьма популярным в Египте. Номен Клавдий (родовое имя, близкое по значению к современной фамилии) свидетельствует о римском гражданстве, но астрономией Птолемей занимался в Александрии, где он жил и работал, черпая знания из знаменитой библиотеки. Учитывая, что самое раннее из сделанных им наблюдений датируется 11-м годом правления импе-

ратора Адриана (127 год нашей эры), а последнее – 10-м годом правления Антонина (147 или 148 год), можно косвенно определить примерный период жизни Птолемея. Поскольку после 147-го года он написал еще ряд объемных энциклопедических произведений (в которых ссылается на свои старые астрономические тексты), а такая работа никак не могла быть выполнена быстро, то можно предположить, что он был еще жив в 160-х или даже в 170-х годах при Марке Аврелии.

Если верить самому Птолемею, который щедро ссылается на работы своих предшественников (о многих из них мы знаем только от него), то за 260 лет после Гиппарха античная астрономия практически не развивалась. За весь этот долгий период было совершено всего два принципиально новых и важных наблюдения: Агриппа из Вифинии зафиксировал покрытие звездного скопления Плеяды южной частью Луны в 92 году, а Менелай Александрийский, находясь в 98 году в Риме, отметил, как Луна затенила звезды Спикку и Бету Скорпиона с интервалом в несколько ночей. Оба эти наблюдения производились, вероятно, для подтверждения (проверки) открытого Гиппархом предварения равноденствий. Также нам известны работы Посидония – единственного философа-стоика, решившего использовать старые математические методы для исследования мира, и уточнившего размеры Земли, а также расстояния до Луны и Солнца.

Здесь, конечно, необходимо пояснить, что все-таки не совсем правильно считать, будто после Гиппарха никто не про-

являл серьезного интереса к астрономии и не занимался ей. Подобное попросту невозможно. Безусловно, старые тексты переписывались и распространялись, многочисленные астрологи составляли гороскопы, хотя многие из них были малосведущи в геометрии (что, впрочем, почти не влияло на качество предсказаний), но отдельные талантливые математики продолжали вычерчивать траектории планет по эпициклам и производить наблюдения за небом. Тех, кто интересовался астрономией, было немало, но они в основном повторяли уже известное, либо же делали малопримечательные наблюдения, которые сами по себе не представляли особого интереса, но такие записи накапливались и постепенно складывались в общую картину, с которой уже можно было плодотворно работать. Сам Птолемей опирался в частности на данные о положениях планет за 127-132 годы, оставленные математиком Теоном, хотя и неизвестно, что это за человек. Однако даже эта краткая информация уже позволяет заключить, что научная жизнь Александрии не останавливалась, а богатые горожане и правители города продолжали поддерживать философов и книжников. Работа Музея и его Библиотеки (которая давно переполнилась, и потому пришлось организовать вторую библиотеку при храме Сераписа) не прекращалась, а римские императоры им благоволили – деньгами и влиянием. Впрочем, мы крайне мало знаем о конкретной деятельности этих учреждений, но они, безусловно, располагали средствами, ресурсами и людьми для

сохранения и преумножения мудрости. Другое дело, что сам Гиппарх являлся настолько талантливым мыслителем, что следующий равный ему астроном появился лишь два с половиной столетия спустя. За это время наверняка составлялись новые трактаты, в которых, возможно, даже содержались отдельные интересные мысли, однако в целом ничего принципиально нового написано не было. Все эти книги оказывались по большей части просто пересказом старых идей, и потому вышли из обращения почти сразу, как были опубликованы работы Клавдия Птолемея – подобное вообще характерно для античных текстов, достаточно вспомнить, как «Начала» Евклида вытеснили все более ранние геометрические сочинения. Собственно, даже от Гиппарха сохранилось крайне мало, а ведь его труды бережно хранились и Птолемей совершенно точно имел их в своем распоряжении, но в какой-то момент интерес к ним полностью угас, поскольку появились новые более совершенные тексты. Кроме того сам Птолемей почти наверняка располагал целым штатом помощников, которые занимались вычислениями и составлением таблиц, а иначе невозможно понять, как один человек смог бы проделать такой огромный объем работы. Иными словами, существовала обширная среда людей, интересующихся астрономией или занимающихся ей профессионально. Также нужно понимать, что оригинальные греческие трактаты по математике – это весьма запутанные тексты с посредственными чертежами (или вообще без них), и

едва ли хоть кто-то, даже самый гениальный человек, смог бы разобраться в них спустя двести шестьдесят лет, не имея корпуса накопившихся комментариев или помощи хорошего наставника. Конечно, все перечисленные аргументы являются лишь косвенными, но все-таки есть все основания полагать, что античная астрономическая школа не угасла после Гиппарха, но попросту не имела в своих рядах того, кто сумел бы сделать следующий шаг, равно как и не накопила еще достаточно фактов (наблюдений) для этого шага.

# Альмагест

Главным сочинением Клавдия Птолемея является «Математическое собрание в 13 книгах» – фундаментальный труд, содержащий полный корпус астрономических знаний античной Греции, а также древнего Египта и Вавилона. Оригинальное название этого текста на древнегреческом языке «Μαθηματικῆς Συντάξεως βιβλία τῷ» (в латинской транскрипции «*Syntaxis Mathematica*»), но позже его стали называть просто «Большим собранием», то есть «Ἡ μεγάλη σύνταξις» (по-латыни «*Syntaxis Magna*»), а еще позднее – «Величайшим собранием» («Ἡ μεγίστη σύνταξις»), но причина этих изменений не до конца ясна. Предположительно, существовало еще и «Малое собрание», включавшее в себя несколько книг по стереометрии, сферической геометрии и астрономии, которые следовало изучить после «Начал» Евклида, чтобы иметь возможность понять работы Птолемея. С другой стороны новые варианты названия были просто короче, а потому и удобнее. Так или иначе, при переводе на арабский язык греческое слово «мегисти» (величайшее) превратилось в «аль-магисти», а поскольку в эпоху Возрождения полный текст «Математического собрания» попал в Европу именно в виде арабского манускрипта, то название перевели на латынь как «*Almagestum*», и слово «Альмагест» ста-

ло общеупотребительным. Далее мы станем придерживаться именно этого названия, хотя в литературе иногда встречается и вариант «Синтаксис», который более соответствует историческим реалиям. Не нужно при этом думать, будто арабские или христианские переводчики выполняли свою работу плохо, и не понимали смысла слов: когда дело касалось заглавий книг, равно как и имен авторов, то их традиционно передавали весьма вольной транслитерацией. Содержательная часть текстов при этом переводилась обычно достаточно хорошо, а все трудные места комментировались и пояснялись (разумеется, встречались и плохие переводы, выполненные плохо образованными людьми).

Структурно «Альмагест» состоит из тринадцати книг (в современном понимании это скорее части), каждая из которых разбита на отдельные главы (подразделы), однако это последнее деление выполнено поздними переписчиками, которые группировали текст внутри отдельных книг, так как им казалось удобным, добавляя туда еще и некоторые собственные мысли или поясняющие комментарии. Основная задача, которую решал Птолемей, заключалась в создании математических моделей (инструкций), которые позволяли бы вычислить (вычертить) положения Солнца, Луны, пяти планет и звезд в любой заданный момент времени из прошлого или будущего. Не менее важной подзадачей являлась возможность определения дат особых астрономических со-

бытий: солнечных и лунных затмений, гелиакических восходов и заходов, а также прочих, которые могут потребоваться. Предполагаемая точность результатов соответствовала возможностям визуального наблюдения. Стилль изложения «Альмагеста» напоминает учебник, но при этом полагается, что читатель имеет глубокую подготовку в античной математике и уже знаком с некоторыми основами астрономии. Методика работы Птолемея выглядит на удивление современной, если, конечно, забыть, к чему она в результате привела.

На первом этапе анализируются самые общие особенности движения небесных светил, полученные зачастую из весьма грубых наблюдений, после чего подбирается кинематическая модель, дающая наибольшее соответствие явлениям. От модели требуется, чтобы она показывала верный период обращения, правильные положения апогея и перигея, учитывала замедление и ускорение на траектории, а также — формировала ретроградную петлю, если таковая имеет место. В случае, когда требуется выбрать из нескольких равнозначных моделей (здесь речь идет о сравнении круга с эксцентриситетом и системы деферент-эпицикл), Птолемей исходит из принципа наибольшей простоты принимаемых гипотез, хотя и не объясняет внятно, в чем конкретно этот принцип заключается.

На втором этапе работы производится отладка принятой модели. Здесь используется уже полный объем всех имею-

щихся наблюдений, поскольку требуется установить такие значения параметров, как величина эксцентриситета, долгота апогея (от него обычно начинали построение траектории), радиусы деферентов и эпициклов, а также их наклоны и периоды обращения и другие. Правильный подбор всех этих параметров однозначно обеспечивает точность моментов прохождения светила через характерные точки небесной сферы. Примечательно, что Птолемей не скрывает промежуточные шаги исследования (как чаще всего поступали мыслители древности), но, наоборот, подробно разъясняет последовательность своих действий. Так, если для Солнца ему хватило простой эксцентрической модели, то в случае Луны потребовалось трижды изменять комбинацию кругов, чтобы постепенно учесть все аномалии лунного движения. Подобным же образом – с помощью постепенных усложнений – определяются модели для описания перемещения планет по широте и долготе.

Именно на этом этапе наиболее ярко проявляется вся слабость античной научной мысли. С одной стороны Птолемей стремится получить по возможности наиточнейшее математическое описание небесных движений, но одновременно с этим поясняет, что задача математика – показать, что все эти движения состоят из равномерных круговых вращений. Это очень важный момент: требовалось не разложить планетные траектории на комбинацию кругов, но показать (подтвердить), что они именно ей и являются. Очевидно, неглас-

но полагалось, что наличие точного геометрического решения само по себе доказывает его истинность в физическом смысле. Причем, похоже, что это звучало убедительно, даже если истинной полагалась какая-то иная комбинация кругов или сфер. Впрочем, для спасения явлений Птолемею потребовалось несколько раз отступить от тезиса о равномерном вращении, хотя явным образом об этом нигде не говорилось, и даже приводились некоторые аргументы в пользу того, что никакого нарушения заявленных условий тут нет, а нужно лишь правильно их истолковать. Для других астрономов, однако, всё было очевидно: система Птолемея хорошо соответствует наблюдениям (поэтому ее продолжили использовать для вычислений), но нарушает общие философские принципы (а, значит, она ничего не говорит о реальном устройстве мира). Другое дело, что в ту эпоху никто (кроме, возможно, Архимеда, который умер три с половиной века назад) не согласился бы с тем, что математика вообще способна оказать какую-либо помощь теоретической натурфилософии, а уж тем более – метафизике. По этой причине Птолемей (как и прочие астрономы) даже не попытался сделать никаких выводов из того простого факта, что все небесные тела оказались жестко связаны с движением Солнца, а принятые отступления от равномерных круговых движений ничуть не упрощали общую теоретическую картину, но лишь подгоняли ее под наблюдения.

Из сказанного вовсе не следует, будто работа Птолемея

была слабой или ошибочной. В рамках сформулированной задачи – отыскать математическую аппроксимацию видимых небесных движений – ему удалось добиться просто невероятного успеха. Подобрал необходимые комбинации кругов, он провел по ним огромное число построений и составил множество таблиц с координатами различных светил в необходимые моменты времени. Для упрощения расчетов Птолемей считал время «египетскими годами», каждый из которых содержит ровно 365 суток (возможно, причина была также и в традиции, ведь Птолемей жил в Александрии, и наверняка много общался с египетскими жрецами, которые немало знали о ночном небе). Такой календарь содержит 12 месяцев по 30 дней в каждом, а в конце года добавляется еще 5 дополнительных суток, и данная структура очень удобна для определения интервалов времени между отдельными событиями, особенно если они удалены друг от друга на многие века. Разумеется, отсутствие високосных годов делает календарь скользящим относительно Солнца и не позволяет сразу сопоставить конкретную дату со временем года, но если задаться началом хронологической шкалы, то всегда можно пересчитать дату египетского календаря в любой другой.

Поскольку самые древние данные, которыми обладал Птолемей, относились ко времени вавилонского царя Набонассара (царствовал приблизительно в 748-734 годах до нашей эры), то и все вычисления для астрономических таблиц

выполнены в хронологической шкале, которая начинается в первый день первого года его правления, то есть – в полдень 26 февраля (соответствует 1-му числу египетского месяца Тот) 747 года до нашей эры. Чаще всего Птолемей указывает даты астрономических событий именно по эре Набонассара, но иногда соотносит их с другими правителями – вавилонскими, македонскими, персидскими и римскими – для которых составлена отдельная таблица с годами царствования, которая, впрочем, не вошла в «Альмагест», но к счастью сохранилась до наших.

Что касается стиля «Альмагеста», то он полностью выдержан в классическом евклидовом стиле – строгое логически последовательное изложение от общих положений к постепенно усложняющимся геометрическим построениям. Каждая книга посвящена отдельному вопросу, который вытекает из сказанного ранее.

Так, книга I начинается с общих вопросов устройства мира: доказываемся сферическая форма неба и шарообразность Земли, а также обосновываются ее неподвижность, центральное положение, и пренебрежимая малость размеров относительно всего космоса. После этого вводятся две главные линии на небесной сфере: экватор, параллельно которому светила совершают свое суточное вращение, и эклиптика, относительно которой происходят все остальные периодические движения. Здесь же дается некоторый теоретиче-

ский минимум из геометрии хорд и сферической геометрии (весьма сложной даже по современным меркам), приводятся справочные тригонометрические таблицы, и описывается устройство астрономических инструментов (многие теоремы и таблицы Птолемея будут добавлять и дальше по мере необходимости).

В книге II разбираются такие вопросы сферической астрономии, которые можно решить геометрическими построениями без учета изменения координаты светила во времени. Показывается, как определять времена восхода и захода Солнца, продолжительность дня и длину тени гномона на разных широтах (греки называли широты климатами), а также решаются задачи прохождения дуг эклиптики (созвездий) через конкретный небесный меридиан и определения углов между эклиптической и параллелями нескольких древних городов.

Книга III посвящена математической модели движения Солнца. Даются очень подробные основанные на многовековых наблюдениях вычисления продолжительности солнечного года, а также описывается неравномерность в солнечном движении. На основе изложенного предлагается кинематическая модель (отмечается равнозначность окружности с эксцентром и системы деферент-эпицикл), определяются ее параметры и вычисляются таблицы долготы Солнца. Также исследуется тот факт, что из-за неравномерного движения Солнца наблюдаемая продолжительность суток не яв-

ляется постоянной величиной, хотя отличие между средним и истинным ее значением невелико (разница составляет 50 секунд за год), а вот отклонение момента наступления полудня от среднего значения может достигать примерно  $\pm 15$  минут. Поскольку, как установил еще Гиппарх, перемещения Луны и планет связаны с Солнцем, то теория его движения является для Птолемея основой всех прочих построений. Так, например долгота Луны при затмениях задается не из наблюдений, а из вычисленной долготы Солнца.

В книгах IV и V постепенно выстраивается теория движения Луны по долготе и широте. Птолемей последовательно вводит три кинематических модели, добавляя в них различные усложнения, учитывающие наблюдаемые аномалии лунной траектории, включая и второе неравенство (неравномерное перемещение в квадратурах), то есть эвекцию, вызванную тем, что из-за гравитации Солнца орбита Луна не соответствует законам Кеплера. Здесь же в конце книги V приводятся расчеты расстояний до Луны и Солнца, на основе которых вычисляются лунные и солнечные параллаксы, наблюдаемые из различных широт (климатов), без учета которых невозможно определять моменты затмений. Для очень далекого Солнца вычисление параллакса не представляет особого труда (для каждой широты дается одно число, соответствующее углу наклона прямой наблюдатель-Солнце), а вот для Луны требуется учитывать постоянно изменяющееся расстояние до Земли, которое определяется из теку-

щего положения на системе кругов. Безусловно, при создании «Альмагеста» именно таблица параллаксов потребовала наиболее сложных расчетов и построений.

Теперь уже Птолемей обладает всеми необходимыми инструментами, чтобы в книге VI изложить методы вычисления дат лунных и солнечных затмений.

Книги VII и VIII посвящены неподвижным звездам. Сперва приводятся некоторые данные наблюдений, доказывающие, что созвездия и звезды внутри них действительно не изменяют положения друг относительно друга, затем приводится звездный каталог с пояснениями, рассматривается теория прецессии, описывается устройство небесного глобуса, дается метод определения гелиакических восходов и заходов, а также рассматривается еще ряд вопросов.

В книгах с IX по XIII Птолемей излагает свою теорию движения пяти планет. Сначала приводятся некоторые общие соображения и гипотезы, в том числе и о прядке расположения небесных светил относительно Земли, а также периоды их обращения по долготе и аномалии. Далее движения каждой планеты анализируются независимо от других, подробно рассматриваются попятные движения и величины максимальных элонгаций планет. Важно, что кинематические модели для Меркурия, для Венеры и для внешних планет (Марса, Юпитера и Сатурна) различаются по своей структуре и комбинациям кругов, причем в них введено важное усовершенствование – эквант, то есть такая до-

полнительная не совпадающая с центром мира точка, из которой движение планеты по деференту выглядит равномерным. Данное условие формально нарушило принцип равномерного вращения (угловая скорость центра эпицикла относительно Земли теперь оказывалась переменной величиной), но позволило втрое повысить точность определения долготы планеты. Несколько иным образом эквант вводился и для Луны.

В первую очередь все сказанное относится к теориям движения планет по долготе, поскольку для движений по широте (вверх-вниз) Птолемей вводит отдельные очень сложные дополнения, которые просто-напросто подгоняют модели под явления, игнорирую хоть какие-то метафизические принципы. Фактически оказалось, что движения по долготе и по широте вообще никак не связаны между собой. Птолемей чувствует здесь некоторую проблему, и соглашается с тем, что его гипотезы выглядят искусственными, однако полагает такую оценку методологически неверной. Главная задача астрономии – дать точное описание небесных явлений максимально простыми средствами, и коль скоро это удалось сделать, то не следует далее судить о небесном механизме на основе человеческих понятий.

# Краткое описание астрономических результатов Птолемея

Сам Птолемей признает, что многое взял у Гиппарха, но определить объем заимствований не представляется возможным. Впрочем, если учесть, что после появления «Альмагеста» переписчики попросту перестали копировать сочинения всех ранних астрономов, то можно предположить, что заимствовано было практически всё. В ином случае поздние комментаторы наверняка привели бы многочисленные отрывки из других авторов, как это обычно и происходило даже в тех случаях, когда по какой-либо теме оставалась лишь одна востребованная книга: доксографы изучали все доступные тексты и старались донести до читателей максимум информации хотя бы в самом общем виде. Собственно, о взглядах многих мыслителей древности мы знаем только из таких комментарий. Ценность работы Птолемея, однако же, заключается отнюдь не в том, что он перенял у других, но именно в том, что он добавил нового. И тут его заслуги сложно переоценить.

Во-первых, Птолемей дополнил каталог Гиппарха, увеличив число описанных звезд с 850 до 1017, а также внес туда еще и 5 туманностей, так что общее число объектов, для которых удалось определить небесные координаты и яркость,

достигло 1022. Это весьма немало, поскольку составляет почти половину того, что вообще можно увидеть из одного полушария, причем почти все неучтенные объекты являются совсем уж тусклыми. При этом старые данные Гиппарха были скорректированы исходя из прецессии, составляющей  $1^\circ$  за 100 лет, и это дало некоторую единую для многих звезд ошибку, так как на самом деле  $1^\circ$  накапливается примерно за 72 года. В этом отношении нужно отметить, что хоть прецессия и была открыта Гиппархом, но многие астрономы вплоть до Тихо Браге (жил в XVI веке) игнорировали ее или полагали, что равноденствия просто совершают некоторые колебания то в одну, то в другую сторону. Птолемей же четко описывает прецессию, как медленное вращение звездной сферы с периодом в 36 000 лет. Другая неточность Птолемея состояла еще и в том, что наклон эклиптики определялся им в  $11/83$  полукруга, то есть в  $180^\circ \cdot 11/83 = 23^\circ 51' 20''$ , но в те времена он был на  $10' 30''$ , меньше, что, впрочем, соответствует погрешности античных инструментов. На самом деле мы можем лишь восхититься той точности, которой сумел добиться Птолемею или его помощники.

Во-вторых, Птолемею удалось построить удивительно точную теорию небесных движений Солнца, Луны и планет (кроме Меркурия), причем работа в этом направлении осуществлялась вполне современными научными методами. Исходя из общих физических представлений об исследуемом предмете, предлагаются различные математические мо-

дели, качество которых проверяется путем сравнения с имеющимися экспериментальными данными. Изначально дается общее качественное решение, свободные числовые параметры которого определяются и уточняются по результатам наблюдений.

В самом упрощенном виде система Птолемея, впрочем, ничем (кроме наличия всех необходимых числовых значений) не отличается от тех моделей, которые предлагал еще Гиппарх. Солнце движется вокруг Земли по эксцентрической окружности; Луна расположена на эпицикле, который вращается в обратную сторону относительно своего деферента; а эпициклы каждой из планет вращаются в ту же сторону, что и их деференты. Центры эпициклов Меркурия и Венеры всегда остаются на прямой Земля-Солнце и потому проходят свой путь по деференту ровно за один год, тогда как внешние планеты за тот же самый год совершают оборот уже на эпицикле.

Поскольку, как мы помним, расстояние до Солнца определялось условно из общих соображений об отсутствии наблюдаемого параллакса, то не имело никакого смысла рассуждать и об истинных расстояниях до планет, поэтому в теории Птолемея важны были не абсолютные размеры деферентов и эпициклов, но только лишь отношения их радиусов. В самом деле, при сохранении необходимых периодов обращения, наблюдаемые угловые перемещения по небесной сфере будут одинаковыми для всех пропорциональных ком-

бинаций кругов. В этом смысле вполне допустимо и даже логично совместить деференты Меркурия и Венеры с орбитой Солнца, ведь у них всех одинаковый период обращения равный одному земному году. После такого объединения эпициклы Венеры и Меркурия будут обращаться вокруг Солнца, а их радиусы станут относиться между собой так же, как реальные кеплеровы орбиты (конечно, без учета эллиптичности). Если же удастся как-либо определить истинное расстояние до Солнца, то и размеры орбит окажутся истинными. Подобное решение предлагал еще Гераклид, но ни Гиппарх, ни Птолемей не захотели его использовать, хотя наверняка хорошо о нем знали.

Если теперь обратиться к внешним планетам – Марсу, Юпитеру и Сатурну, – то ничто не мешало Птолемею использовать аналогичный подход и по отношению к ним: назначить деферентам период обращения равный одному земному году, а эпициклам назначить сидерические периоды (1,88 года для Марса, 11,87 лет для Юпитера и 29,46 лет для Сатурна). Далее можно было бы совместить все деференты с орбитой Солнца, заставив обращаться вокруг него вообще все планеты, но к такой модели придет лишь Тихо Браге почти полторы тысячи лет спустя, тогда как Птолемей, напротив, посчитал недопустимым, чтобы эпициклы вращались медленнее деферентов. Видимо такого рода сходство казалось ему более важным, чем возможность вовсе исключить лишние круги. Периоды обращения первых кругов всегда

должны были быть больше, чем периоды обращения вторых кругов, и это позволяло видеть во всех моделях определенную музыкальную пропорцию, а Птолемей написал большой трактат о музыкальных гармониях. Так или иначе, но долгие сидерические периоды были назначены именно деферентам внешних планет, а эпицикл каждой планете обращался на деференте за один год, причем линия от центра эпицикла до планеты, всегда оказывалась параллельна отрезку Земля-Солнце.

Главная проблема описанных построений заключается в том, что они дают крайне неточное описание реальных небесных движений, поскольку не учитывают многих особенностей в перемещениях планет, которые уже были известны античным астрономам. Основная заслуга Птолемея, поэтому, заключается именно в тех уточнениях и усложнениях, которые он внес в модели Гиппарха, но о них мы поговорим чуть ниже, а пока остановимся еще немного на методологических принципах греческой астрономии.

В самом деле, главный аргумент в пользу того, чтобы допустить вращение планет вокруг Солнца, заключается именно в упрощении геометрических построений, к которым всеми силами стремился в своей работе Птолемей, поэтому даже странно, что он не захотел рассмотреть такой очевидный случай. С другой стороны, если бы в «Альмагест» попала модель Гераклида, то оказалось бы, что математические соображения приводят к новым представлениям об устройстве

мира, но геометрия не должна была брать на себя столь много, оставляя фундаментальные вопросы целиком на откуп метафизике. Всё то, что Птолемей по какой-либо причине не сделал или не понял, даже если располагал для этого исчерпывающей информацией, полностью ограничено господствующими тогда взглядами на вспомогательную роль математики в вопросе познания мира (никакой иной высшей математики, кроме вычислительной астрономии тогда не существовало). В этом, пожалуй, заключалось одно из главных отличий античной философии от современного научного мышления, и сам Птолемей дал исчерпывающую характеристику своему мировоззрению.

# Общие взгляды Птолемея на познание мира, на физику и на устройство космоса

Текст «Альмагеста» начинается с краткого введения, обращенного к некоему человеку по имени Сир или Сирос (Σύρος), который постоянным адресатом сочинений Птолемея. Неизвестно, кто это такой, но обычно подобные трактаты писали либо уважаемым и почтенным коллегам, либо богатым и влиятельным покровителям. Птолемей сразу же сообщает о том, что твердо отделяет теоретическую часть философии от практической, поскольку обнаруживает в них большое различие (по Аристотелю целью теоретической философии является истина, а практической – благо). В самом деле, некоторые люди могут достигать впечатляющих результатов, непрерывно совершенствуя свои практические умения, но при исследовании Вселенной необходимо всякую математическую модель (Птолемей называет астрономию «математикой в узком смысле») в обязательном порядке удерживать в рамках прекрасно устроенного идеала, а это невозможно сделать без должного теоретического образования. Таким образом, еще до начала решения какой-либо задачи следует уяснить для себя общий смысл анализируемых

явлений.

Далее Птолемей вслед за Аристотелем делит теоретическую философию на теологию, математику и физику, которые отражают свойство всего сущего иметь свое бытие соответственно в движении, форме и материи. Причем каждое из этих начал нельзя созерцать отдельно само по себе, но можно только помыслить, и потому о них рассуждают лишь теоретически. Область изучения теологии – вечный Бог, являющий собой источник, силу и причину всякого движения, которую мы не можем воспринять никакими чувствами, ибо эта причина расположена в высших частях нашего мира, постигаемых лишь разумом. Физика, напротив, исследует изменчивую и тленную материальную качественность доступную нам в виде цвета, вкуса, теплоты, громкости и прочих ощущений, которые мы получаем здесь, ниже лунной сферы. Между теологией и физикой располагается еще один особый вид знания, выясняющий, какие формы и движения получает материальная качественность от действия высшей силы. Речь идет о математике, объекты которой – фигуры, размеры, количества, время и место – можно как мыслить, так и воспринимать чувственно. У смертных существ эти характеристики меняются вместе с неотделимой от них формой, а у бессмертных и вечных объектов они сохраняют неизменное состояние.

Далее следует очень примечательный тезис о том, что теология и физика в равной степени сомнительны, поскольку

ку божественное невозможно воспринять, а материальное неустойчиво и непостоянно. По этим причинам никакого единого мнения в этих областях знания добиться нельзя. Математика же дает исключительно надежное знание, поскольку при аккуратном подходе не позволит исследователю сбиться с пути, а строгие геометрические или арифметические доказательства не вызывают сомнений ни у одного разумного человека. Отдельно Птолемей отмечает, что выбрал своим интересом такую часть математики, которая рассуждает о небесных предметах, то есть предметах божественных, ведь одна лишь математика способна дать нам понимание планетарных движений, которые ближе прочего из всего воспринимаемого расположены к высшей движущей силе. Иными словами Птолемей мыслит астрономию как математический аппарат теологии, хотя сам не рассуждает о боге, иначе как ссылаясь на первопричину. В этом смысле характерно, что знаменитый трактат Исаака Ньютона назывался «Математические начала натуральной философии» (то есть физики, но нельзя также забывать, что Ньютон публиковал лишь малую часть своей работы, а математику использовал, в том числе, и для теологических изысканий).

Сам Птолемей, впрочем, не отрицает полезность математики для изучения физики, ведь почти все материальные объекты выражают свои свойства через изменение места: вечным объектам присуще круговое движение, а тленными — прямолинейное, причем тяжелые падают вниз к центру ми-

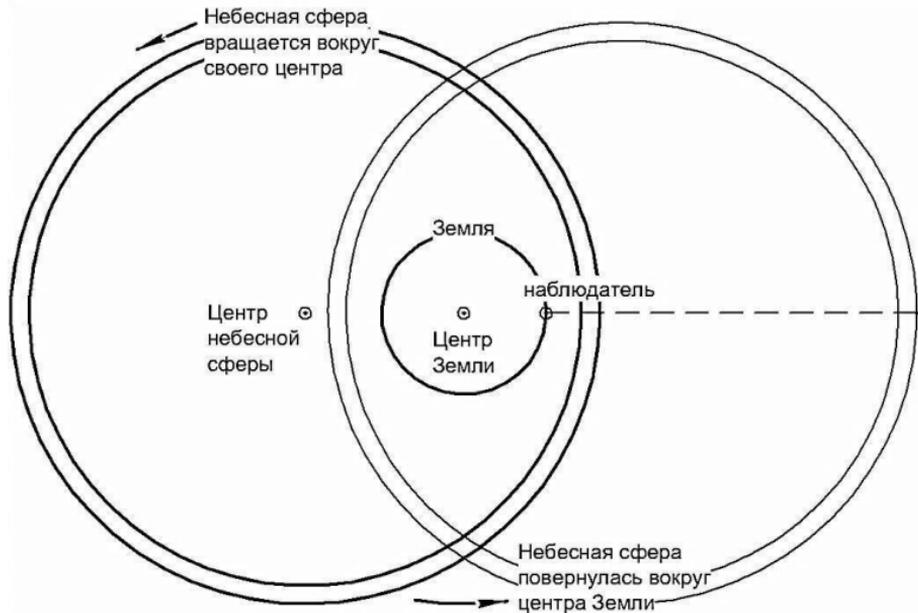
ра, а легкие устремляются вверх от центра. С другой стороны также утверждается, что созерцание божественного порядка и простоты, которые открываются нам в математических (астрономических) решениях, более всего прочего способствует приучению души к добродетельности и нравственному совершенству. Эти слова в полной мере соответствуют древней традиции единения истины, красоты и блага.

Эти, выдержанные в чистом аристотелевском духе формулировки говорят еще и о том, что за прошедшие века знания об окружающем мире получили у греков и римлян крайне малое развитие (мы сейчас не говорим о ремесленных навыках и строительном искусстве). Материю продолжали описывать чисто качественно, а единственной «земной» дисциплиной, для которой имелось серьезное математическое обоснование в виде дающих гармонию пропорций, оставалась музыка. Оптика и геодезия воспринимались просто частью геометрии, а соотношения античной механики были крайне простыми, если не сказать примитивными.

Собственно, само мироустройство описывается Птолемеем именно так, будто нескольких веков эллинистического и римского мира не было вовсе. Перво-наперво принимается, что Земля и небо имеют шарообразную форму, и это весьма удобно, так как в таком случае для обозначения положения светил или географических объектов становится возможным использовать сферические координаты. Следом же следует ряд тезисов, которые с одной стороны призваны

обосновать единую картину космоса, а с другой – противоречат друг другу.

Так, небеса у Птолемея вращаются вокруг неподвижной оси, и это ясно из того факта, что звезды рядом с полюсом всегда движутся по кругу, а остальные восходят и заходят в одних и тех же точках горизонта. Земля расположена ровно в центре небесной сферы, ведь если бы Земля была смещена, то горизонт поделил бы небо на неравные части, а расстояния до светил не оставались бы одинаковыми: звезды заметно меняли бы свой блеск, а Солнце и Луна – видимые размеры, чего не наблюдается. В данном случае, очевидно, предполагается, что центр Земли в любом случае совпадает с центром мира и небесная сфера вращается именно вокруг него, иначе аргумент с изменением расстояния не имеет смысла. Действительно, с неподвижной Земли (а в ее неподвижности Птолемей не сомневался) невозможно заметить смещение небесной сферы, которая вращается вокруг своего собственного центра, так как противоположная часть неба всегда остается скрытой.



На этом можно было бы остановиться, но далее Птолемей говорит следующее. Поскольку видимые размеры и положения звезд всегда остаются одинаковыми при наблюдении из любой точки земного шара, то его размеры должны быть ничтожно малыми по сравнению со сферой звезд. В данном случае всё сказано абсолютно верно: даже после того, как Галилео Галилей изобретет телескоп, потребовалось еще два с половиной столетия, прежде чем удалось измерить параллакс звезд, возникающий при движении Земли по орбите диаметром целых 300 миллионов километров. Но если расстояния до звезд настолько велики, то даже существенное смещение Земли по отношению к центру звездной сферы не вызвало бы никакого наблюдаемого эффекта, а, зна-

чит, доказательство из предыдущего нашего абзаца полностью несостоятельно. Особенно характерно, что Птолемей располагает оба указных тезиса один за другим, нисколько не замечая противоречия.

Поступательное движение Земли отвергается из тех же самых соображений – отсутствия видимого смещения звезд и изменения их блеска. Понятно, что этот аргумент не стыкуется с предыдущим, поскольку некоторое малое движение никак не повлияло бы на видимость бесконечно удаленных объектов. Другое доказательство, которое приводится в пользу неподвижности Земли также ошибочно, но более оригинально, поскольку строится на фундаментальных физических представлениях. В самом деле, говорит Птолемей, все тяжелые предметы стремятся к центру мира, а поскольку на всех широтах земного шара падение предметов происходит строго вертикально, то центр мира и центр земного шара неизбежно совпадают. Более того, поскольку Земля является самым тяжелым из всех известных нам объектов, то будучи смещена в сторону, то устремилась бы к центру космоса быстрее всех иных предметов, и мы бы это обязательно заметили. В данном случае мы вынуждены признать логические заключения Птолемея безупречными, и не его вина, что механика Аристотеля строилась на неверных положениях – никакой иной, более адекватной, все равно не существовало.

Вращательного движения Земли Птолемей также не допускал, хотя и признавал, что небесные явления сами по себе

вполне можно объяснить и тем, что суточный оборот совершает не небо, а земной шар. Однако же в таком случае все земные явления, по мнению Птолемея, должны будут выглядеть совершенно иначе, ведь скорость вращающейся земной поверхности должна быть огромной (значение этой скорости нигде не указано, но все необходимые данные для ее оценки имелись). Облака, птицы или брошенные камни никогда не смогли бы летать на восток, поскольку попросту не догнали бы постоянно уносящуюся от них Землю, однако мы постоянно наблюдаем, что всякое парящее в воздухе тело или животное, легко движется в любую сторону, куда направит его ветер или крылья. Этот наивный довод оставался убедительным даже полтора тысячелетия спустя, и даже Галилей с большим трудом сумел убедить в его ошибочности лишь немногих мыслителей своего времени.

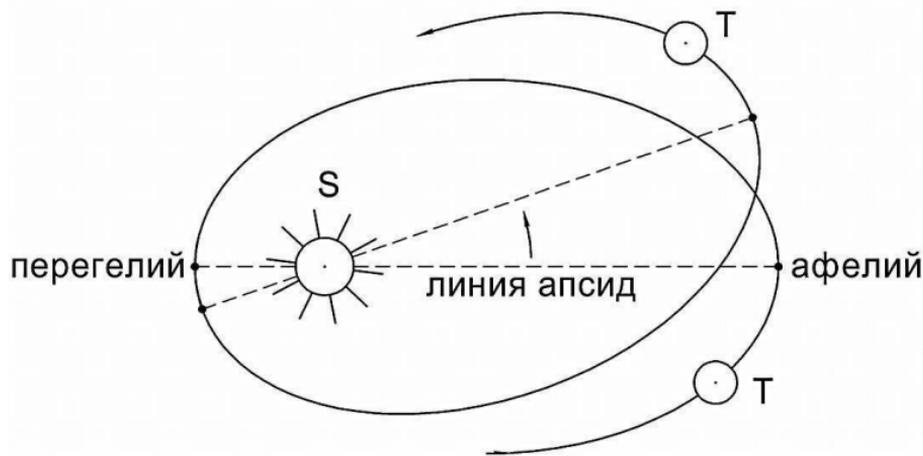
Поскольку Птолемей полагал, что опроверг все гипотезы о каком-либо движении Земли, то даже не рассматривал случай ее обращения вокруг Солнца, хотя наверняка знал о таком предположении Аристарха.

Закончив с общими и вводными словами, приступим, наконец, к более подробному изложению астрономических моделей Птолемея, построенных для описания движения небесных тел.

# Солнечная теория Птолемея

Движение Солнца, для которого требовалось объяснить лишь одно неравенство, а именно – неравномерность в продолжительности времен года, – Птолемей излагает в точности по Гиппарху, удовлетворившись простой моделью окружности с эксцентриситетом. Такой выбор не кажется хорошим, поскольку за прошедшие триста лет допущенные Гиппархом неточности накопились и вылились в существенную погрешность. По неясным причинам Птолемей не стал уточнять значение принятого эксцентриситета, хотя мог попытаться это сделать, ведь он располагал очень хорошими инструментами и многими годами для наблюдений. Впрочем, определять точную долготу Солнца на глаз всегда непросто. Также Гиппарх не совсем верно оценил продолжительность тропического года, отчего ко временам Птолемея вычисления давали отставание среднего солнечного движения более чем на  $1^\circ$ . Свой вклад в накопление погрешности внесли также открытая Гиппархом прецессия земной оси и смещение линии апсид (небольшой ежегодный поворот эллипса орбиты относительно Солнца, о котором тогда еще ничего не знали). Общая ошибка указанных в таблицах «Альмагеста» солнечных координат может иной раз составлять величину порядка  $100'$  (то есть более трех диаметров

солнечного диска), что, безусловно, немало. Вероятно, Птолемей вообще не занимался наработками в теории движения Солнца, поскольку полностью положился на авторитет Гиппарха, который считал, что уже нашел точное решение.



# Дополнительные сведения о движении Луны

Стоит нам, однако же, обратиться к теории движения Луны, то мы сразу же увидим, какую колоссальную работу проделал Птолемей. Вероятно, одной из причин тут являлись прямые указания Гиппарха на то, что многие особенности лунного движения еще не нашли своего объяснения, то есть задача была сформулирована, но не решена. Чтобы понять, почему лунную теорию построить намного сложнее, чем солнечную, необходимо взглянуть на проблему с современной точки зрения. Форма земной орбиты обусловлена в первую очередь исключительно притяжением Солнца, а влияние на нее всех прочих планет ничтожно. Гравитационное воздействие даже от массивного Юпитера оказывается примерно в 25 000 раз слабее солнечного, а, например, от Венеры, которая меньше Юпитера, но ближе к нам – в 35 000 раз. Разумеется, некоторые очень малые возмущения в орбиту Земли планеты вносят, и современные астрономы способны их вычислить и зарегистрировать, однако для античных наблюдений такой проблемы попросту не существовало.

Ситуация с Луной – иная, хотя на первый взгляд ее движение и кажется простым. Прежде всего, и это нетрудно заметить, лунная орбита не совпадает с плоскостью эклипти-

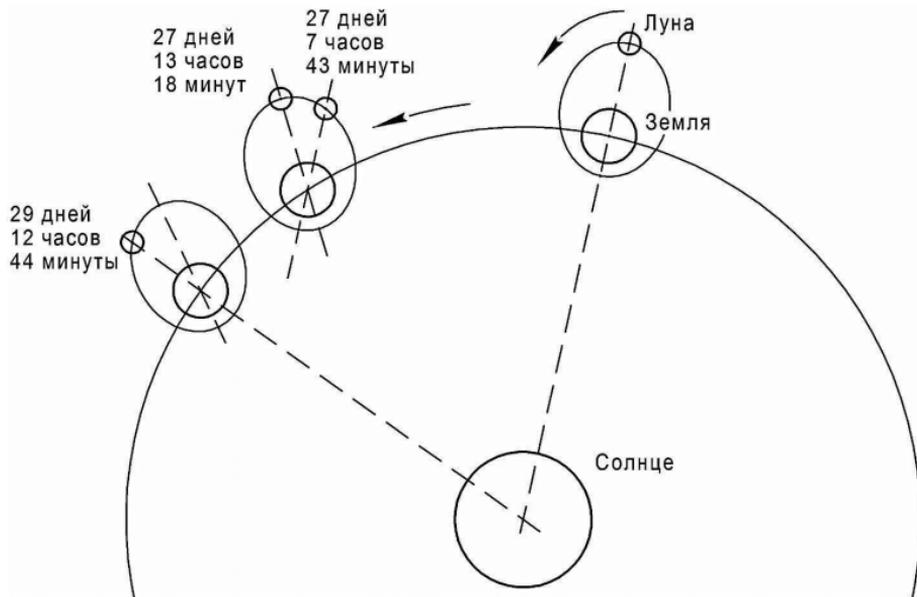
ки, но это далеко не самая главная из сложностей, хотя именно по этой причине солнечные и лунные затмения не происходят в каждое новолуние и полнолуние. Поскольку Луна обращается вокруг Земли, то массивное Солнце необходимо рассматривать как возмущающее тело. Несложно вычислить, что влияние Солнца может превышать 1% от гравитационного влияния Земли, причем само это действие постоянно изменяется во времени. На самом деле можно сказать, что Луна и Земля вместе обращаются вокруг Солнца, просто более тяжелая Земля вызывает некоторые колебания траектории легкой Луны, хотя многие закономерности выделить несложно.

Сравнение истинных форм лунной и земной орбит



Уже в глубокой древности был определен период повторения лунных фаз – синодический месяц, равный 29,53 суток (если точнее, то 29 дней 12 часов 44 минуты и 3 секунды), – определяющий время, за которое Луна возвращается в исходное положение относительно Солнца. А вот относительно неподвижных звезд лунное положение повторяется каждые 27,33 суток (сидерический месяц равен 27 дням 7 часам 43 минутами 12 секундам, причем повторение положения относительно точки весеннего равноденствия происходит за бо-

лее короткий тропический месяц равный 27 дням 7 часам 43 минутам и 6 секундам, а разница в несколько секунд объясняется тем, что земная ось прецессирует навстречу Луне). Выделяют также аномалистический лунный месяц в 27 дней 13 часов 18 минут и 33 секунды (27,554 суток), за которые Луна возвращается в перигей своей орбиты (он длиннее сидерического из-за уже известного нам смещения линии апсид). Более того, уже вавилоняне знали, что узлы лунной орбиты обращаются с периодом близким к 18,666... годам, а скорость движения Луны по орбите непостоянна.



# Лунная теория у Птолемея. Первая итерация. Сизигии

Птолемей, впрочем, располагал лишь многочисленными данными с координатами Луны, а также записями о солнечных и лунных затмениях, которые наблюдали астрономы Вавилона, Греции, Родоса и Александрии за предыдущие девятьсот лет. Имелись также некоторые наработки Гиппарха — точная длительность лунного месяца и простые кинематические модели. Поскольку солнечная теория уже была построена, Птолемей решает опереться именно на нее, и вычислить положения Луны по датам лунных затмений, которые, в отличие от солнечных, наблюдаются в одно и то же время из всех точек Земли. В самом деле, поскольку Луна находится относительно недалеко, то для жителей различных городов она закрывает Солнце неодновременно, да еще и покрывает различные его части. А вот падение земной тени на Луну все люди увидят сразу же, как только это событие произойдет. Очевидно, что в момент своего затмения Луна располагается диаметрально противоположно Солнцу, поэтому теперь, зная продолжительность лунного месяца и период обращения узлов лунной орбиты, можно, начав от какого-либо древнего затмения, построить таблицу средних движений Луны, просто прибавляя нужные периоды и повороты. На

самом деле уже здесь мы обнаружим некоторые несоответствия расчетов и имеющихся записей о последующих затмениях, но в данном случае странным оказалось бы как раз обратное, ведь лунные движения неравномерны. Но и здесь кое-что уже было сказано.

Гиппарх построил довольно хорошую кинематическую схему, объясняющую первое лунное неравенство – неодинаковость скорости на траектории. В этом пункте Птолемей пошел по стопам своего великого предшественника, повторно показав эквивалентность моделей с эксцентрической окружностью и с системой деферент-эпицикл, обращаясь в противоположные стороны, но с одинаковым периодом. Модель с эксцентром предполагает строго равномерное движение по кругу, а непостоянными будут казаться лишь наблюдаемые с Земли угловые перемещения. В системе с эпициклом, которую Птолемей выбрал для дальнейшей работы, скорости на деференте  $D$  и эпицикле  $\epsilon$  складываются, поэтому суммарная скорость Луны в апогее действительно будет минимальной, а в перигее максимальной. Период времени между повторным прохождением перигея равен аномалистическому месяцу, то есть примерно 27,554 суткам. Необходимо лишь определить соотношения радиусов деферента  $R_D$  и эпицикла  $R_\epsilon$ .

Эта задача была решена следующим образом. Птолемей выбрал три лунных затмения, которые наблюдались вавилонскими астрономами в VIII веке до нашей эры, причем ин-

тервал между ними составлял от полугода до полутора лет. Поскольку затмения происходят лишь в новолуния (в интервалы кратные 29,53 суток), то можно было быть уверенным – за столь короткий период времени Луна находилась в различных точках на эпицикле (оборот на нем совершается за 27,554 суток, и совпадение синодических и аномалистических положений происходит каждые 384,22 дня). Моменты затмений были зафиксированы достаточно точно, и Птолемей без труда вычислил для них необходимое положение Луны по своим солнечным таблицам, однако таблицы среднего движения Луны (то есть положения центра эпицикла С) давали несколько иные координаты. Эти отличия (а также виртуозное владение теоремами Евклида) как раз и позволили определить соотношение  $R_\epsilon/R_D = 0,087$  (на самом деле оно записывалось в шестидесятеричной системе как  $5'13''$  к  $60'$ ). Далее Птолемей берет уже собственные наблюдения лунных затмений, выполненные спустя 850 лет после вавилонских, и для них получает отношение  $R_\epsilon$  к  $R_D$  равное  $5'14''$  к  $60'$ . Точность оказалась настолько высокой, что необходимая поправка к ранее принятому движению Луны на эпицикле составила  $1/300$  угловой секунды за сутки (для устранения расхождения в  $17''$  за 854 года).

Для уточнения периода обращения узлов лунной орбиты Птолемей выбрал два одинаковых затмения, с разницей в 615 лет и 134 дня (одно наблюдалось в Вавилоне, а другое в Александрии). Полученное значение драконического ме-

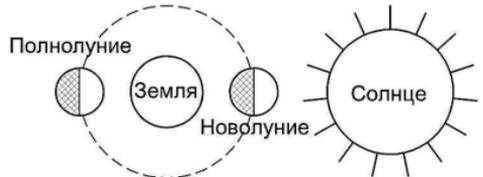
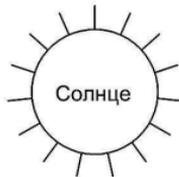
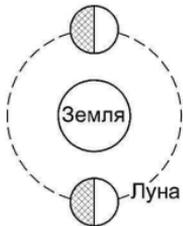
сяца (периода времени, за который Луна вновь проходит через один и тот же узел своей орбиты) составило 27,212 суток (и это очень точное значение), что меньше звездного месяца, поскольку узлы орбиты движутся навстречу Луне. В данном случае старое решение Гиппарха потребовалось уточнить лишь на  $1/450$  угловой секунды смещения по широте в сутки.

# Лунная теория у Птолемея. Вторая итерация. Квадратуры. Эвекция

Поскольку описанная модель строилась по лунным затмениям, то она очень хорошо работала именно в сизигиях, то есть в таких положениях, когда Земля, Луна и Солнце выстраиваются в одну линию (или близко к этому, поскольку плоскости орбит Земли и Луны не совпадают). Именно в сизигиях происходят новолуния и полнолуния, а значит и затмения, но при других положениях Луны система из деферента и эпицикла требовала серьезных уточнений. Это понимал уже Гиппарх, который начал проводить соответствующие наблюдения, но не сумел или не успел разобраться в вопросе до конца. Птолемей же отыскал решение и здесь.

КВАДРАТУРЫ

СИЗИГИИ



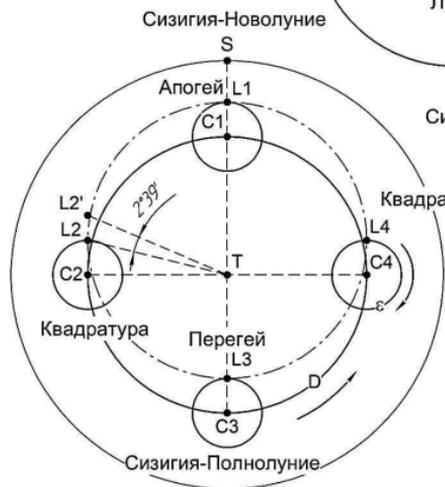
Выяснилось, что наибольшую ошибку модель с эпициклом дает в квадратурах, то есть тогда, когда отрезки, соединяющие Землю с Луной и Солнцем (на схеме ниже обозначен-

ны соответственно точками T, L и S), расположены под прямым углом. Но даже здесь всё оказалось не так просто, ведь погрешность не оставалась постоянной каждую квадратуру: иногда ее не было вовсе, а порой она достигала целых  $2^{\circ}39'$  (это более чем пять угловых размеров лунного диска, причем на весь эпицикл приходится всего лишь около  $10^{\circ}$ ). В конце концов, подробный анализ показал Птолемею следующее. Если Луна находилась в квадратуре и одновременно в апогее или перигее эпицикла (точки T, C и L выстраивались на одной прямой), то теория Гиппарха отлично совпадала с наблюдениями. Если же в момент квадратуры отклонение на эпицикле, напротив, оказывалось максимальным (точки T, C и L располагались под прямым углом), то и ошибка принимала наибольшее значение. Поясним сказанное на чертеже.

Пусть Земля T расположена в центре лунного деферента D, по которому движется эпицикл  $\epsilon$ , причем центр эпицикла C всегда расположен на деференте. И эпицикл, и деферент оборачиваются за одинаковое время, но в противоположных направлениях (незначительной разницей периодов пока пренебрежем). В таком случае, как мы уже убедились ранее, траектория Луны L будет представлять собой круг, равный деференту D, но смещенный относительно точки T на величину эксцентра, равную радиусу эпицикла (на чертеже показан штрихпунктирной линией). Сразу оговоримся, что все построения выполнены нами не в масштабе, поскольку вычисленный Птолемеем размер эпицикла оказался достаточ-

но малым, и сделать корректный и одновременно наглядный рисунок оказалось бы затруднительно.

Также назначим Солнцу  $S$  круговое движение вокруг Земли. В данном случае мы пренебрегаем тем, что у Птолемея оно движется по эксцентричной траектории, а сам солнечный круг на  $5^\circ$  наклонен по отношению к лунной орбите, и потому должен проецироваться на нее в форме эллипса. Все перечисленные погрешности никак не повлияют на дальнейшее изложение, тем более что они в любом случае невелики.



Допустим, что в начальный момент Луна находится в по-

ложении  $L1$ , то есть в апогее эпицикла ( $C1$  лежит на прямой  $T-L1$ ), а солнце в этот же момент расположено в точке  $S$ . Поскольку  $T-L1-S$  лежат на одной прямой, то с Земли наблюдается новолуние, то есть сизигия. Далее, когда центр эпицикла переместится в точку  $C2$ , Луна окажется в положении  $L2$  и окажется в квадратуре (на самом деле угол  $L2-T-S$  несколько меньше прямого, но из-за малости эпицикла почти равен ему, хотя, разумеется, истинная квадратура произойдет несколько в ином месте траектории, и Птолемей определял ее верно). Поскольку для земного наблюдателя Луна в положении  $L2$  максимально отклонена от центра эпицикла  $C2$ , то именно в этом случае возникает максимальное расхождение с теорией Гиппарха, поскольку на самом деле Луна наблюдается на небе в точке  $L2'$ .

После того, как эпицикл уйдет из точки  $C2$  и пройдет через точку  $C3$  и  $C4$ , а затем вернется в точку  $C5$ , которая совпадает с изначальным положением  $C1$ , то Луна окажется в точке  $L5$ , которая совпадет с точкой  $L1$  (на самом деле  $L1$  и  $L5$  не совсем совпадут из-за некоторого отличия периодов на деференте и на эпицикле). Полный оборот занял 27,554 суток, однако повторного новолуния в точке  $L5$  не произойдет, ведь всё это время Солнце тоже двигалось по своей орбите (иными словами, для абсолютной точности все уже сделанные нами построения требуют еще некоторых корректировок на движение точки  $S$ , которые делал Птолемей, но не станем сейчас производить мы). Как уже говорилось ранее,

Луна повторно нагонит Солнце лишь через 29,53 суток, когда оно переместится в положение S1, поэтому в момент новой сизигии точка L6 уже не будет находиться в апогее своего эпицикла. Аналогично, в следующую квадратуру Луна L7 окажется для земного наблюдателя мало удалена от центра эпицикла C7, а потому и несоответствие с теорией Гиппарха уменьшится.

Указанное расхождение имеет вполне физическую природу. Дело в том, что кинематическая модель из деферента и эпицикла (равно как и эксцентрическая круговая орбита) достаточно хорошо описывает видимое на небесной сфере положение небесного тела при его движении по правильной эллиптической орбите, однако реальная орбита Луны не такова. В периоды новолуний Луна находится ближе к Солнцу, чем Земля, и поэтому Солнце сильнее притягивает Луну, несколько отдаляя ее от Земли. В полнолуния, напротив, Солнце отдаляет Землю от Луны, но эффект оказывается таким же – расстояния между Землей и Луной увеличиваются. Во время квадратур действие Солнца производит противоположный эффект и немного сближает Луну и Землю. Иными словами эксцентриситет эллипса лунной орбиты непостоянен. Данный эффект называется эвекцией (термин был введен значительно позже и происходит от латинского «унос») и составляет второе лунное неравенство.

Разумеется, Птолемей не мог рассуждать в таких категориях, но пришел к равнозначному выводу – в квадратурах

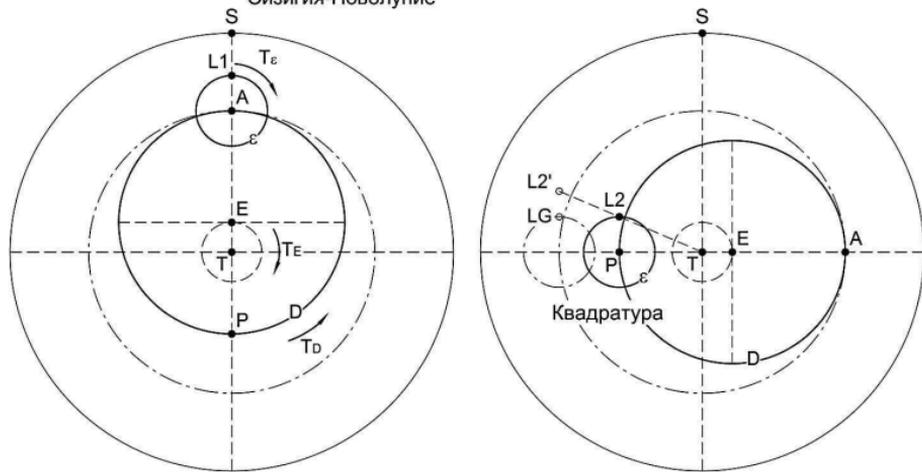
радиус эпицикла увеличивается по отношению к своему же размеру в сизигиях. Такое решение неплохо работает, ведь положение точки  $L_2'$  начинает соответствовать теории, а если в квадратуре Луна попадает в апогей и перигей эпицикла (когда точки  $T$ ,  $S$  и  $L$  лежат на одной прямой) то для земного наблюдателя размер эпицикла вообще неважен. Единственная проблема заключалась в том, что Птолемей принципиально не мог допустить решения с непостоянными радиусами кругов, а поэтому решил выбрать иной способ геометрической интерпретации явлений. Для этого потребовалось добавить в модель подвижный эксцентр.

# Лунная теория у Птолемея. Третья итерация. Подвижный эксцентр деферента

Пусть имеется эксцентричный деферент  $D$ , центр которого (точка  $E$ ) смещен относительно Земли  $T$  на некоторое расстояние  $TE$ . Очевидно, что точка  $A$  на деференте является его апогеем (наиболее удалена от Земли), а точка  $P$  – перигеем (ближе всего к Земле). Назначим теперь центру деферента  $E$  совершать оборот вокруг Земли в попятном относительно движения Солнца направлении (траектория показана пунктиром) за период времени  $T_E$ , равный периоду  $T_\varepsilon$ , за который Луна  $L$  оборачивается на эпицикле  $\varepsilon$ . Одновременно с этим скорость обращения самого деферента (то есть скорость движения центра эпицикла по деференту) увеличим вдвое по сравнению с теорией Гиппарха. Иными словами можно записать следующее соотношение между периодами  $T_E = T_\varepsilon = 2 \cdot T_D$  (в действительности по уже упомянутым причинам эти равенства у Птолемея являются нестрогими, поскольку периоды не совсем совпадают). Расстояние  $TA$  оставим таким же, каким оно было ранее (соответствует радиусу  $TC_1$  на предыдущем чертеже), и в этом случае новый эксцентрический деферент окажется несколько меньше

того, который использовался в предыдущей модели (старый деферент показан штрихпунктирной окружностью).

Пусть в начальный момент центр эпицикла находится в апогее А деферента, а Луна L1 располагается в апогее эпицикла. В это же время солнце S расположено таким образом, что Т-Е-А-L1-S выстроились на одной прямой. Очевидно, что в таком случае будет иметь место новолуние, то есть сизигия. В качестве допущения пока что примем, что Солнце неподвижно, поскольку это сильно упростит построения, не повлияв на общий смысл. Через четверть синодического месяца, то есть через  $27,554/4$  суток центр деферента Е повернется относительно Земли Т на  $90^\circ$  в сторону обратную движению Луны (против часовой стрелки). Поскольку сам деферент теперь обращается вокруг Е с вдвое большей скоростью, чем раньше, то за то же время центр эпицикла пройдет по деференту  $180^\circ$  по часовой стрелке, то есть половину круга, и переместится в перигей деферента Р. Луна при этом совершит на эпицикле только четверть оборота против часовой стрелки и переместится в положении L2, оказавшись в квадратуре (на самом деле – лишь близко к ней, но сам Птолемей все чертил верно и сдвигал эпицикл на нужный угол).

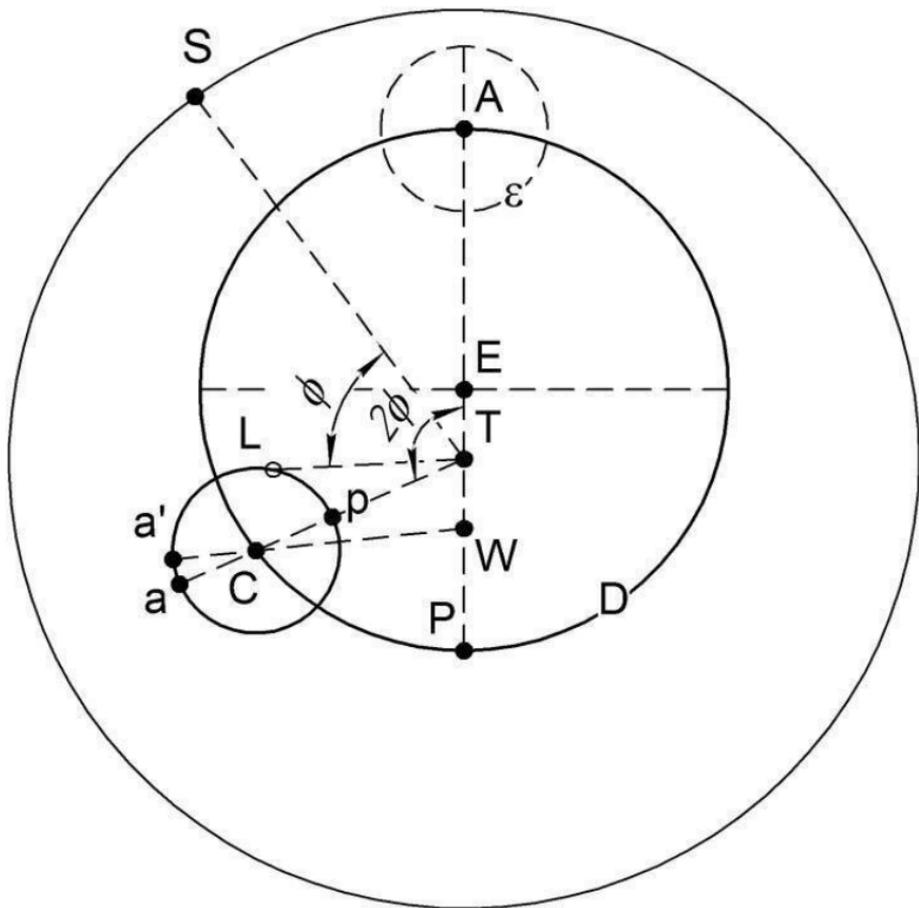


На правом чертеже штрихпунктиром показаны деферент и эпицикл из предыдущей модели для той же сомой квадратуры, а точка LG соответствует положению Луны согласно теории Гиппарха. Поскольку в новой усовершенствованной модели квадратура наступила в перигее деферента P, то Луна на построениях оказывается ближе к точке T, а потому наблюдатель с Земли увидит ее на небесной сфере расположенной дальше от центра эпицикла (как раз там, где раньше мы обозначали истинное положение Луны в точке L2').

# Лунная теория у Птолемея. Четвертая итерация. Эквант

Фактически Птолемея построил модель из трех кругов, но поскольку радиус вращения точки Е достаточно мал, то постулировалось, что деферентом по-прежнему является большой круг, просто его центр подвижен и смещен относительно Земли (она всегда остается в центре мира).

Если теперь вспомнить, что Солнце S непрерывно движется по своей орбите, то необходимо внести следующее уточнение в период обращения эксцентра Е вокруг точки Т. Угол АТС, то есть угол между линией апсид АР лунного деферента и направлением ТС от Земли до центра эпицикла, всегда должен быть равен удвоенному углу STL, то есть углу между направлениями с Земли на Солнце и на Луну. В таком случае обе сизигии всегда приходятся на апогей деферента (центр эпицикла С находится в точке А), а обе квадратуры – на перигей (центр эпицикла С находится в точке Р). В самом деле, в сизигиях угол  $STL = 0^\circ$  или  $180^\circ$ , а значит угол  $ATC = 2 \cdot 0^\circ = 0^\circ$  или  $2 \cdot 180^\circ = 360^\circ = 0^\circ$ , то есть точка С совпадает с точкой А. В квадратурах угол  $STL = 90^\circ$  или  $270^\circ$ , а значит угол  $ATC = 2 \cdot 90^\circ = 180^\circ$  или  $2 \cdot 270^\circ = 540^\circ = 360^\circ + 180^\circ = 180^\circ$ , то есть точка С совпадает с точкой Р.



Поскольку радиус эпицикла должен по-прежнему удовлетворять первому лунному неравенству, то Птолемей оставляет его величину такой же, какой она была в предыдущей теории, а за единичную длину (то есть за  $60'$ ) принимает расстояние ТА (расстояние от Земли до апогея, а не радиус деферента). Зная истинный угол, под которым видна Луна в квадратурах, Птолемей находит эксцентриситет деферента

$TE/EA = 0,20765$  (то есть  $TE = 10' 19''$ ).

Теперь эвекция учтена: в сизигиях и в квадратурах модель согласуется с наблюдениями, однако в промежуточных положениях все еще обнаруживались некоторые расхождения. Птолемей не сумел четко выделить третье лунное неравенство – вариацию, – но все же отыскал достаточно оригинальный способ повысить точность своих построений. Во всех предыдущих моделях аномалия (то есть движение по эпициклу) отсчитывалось от истинного апогея эпицикла  $a$ , который лежит на прямой  $ТС$ . Иными словами, угол поворота Луны на эпицикле всегда отмерялся относительно точки  $a$ . Птолемей же предложил отсчитывать аномалию от среднего апогея  $a'$ , который лежит на прямой  $WC$ , причем точка  $W$  называется эквантом и располагается на прямой  $AT$  с противоположной относительно эксцентра  $E$  стороны Земли.

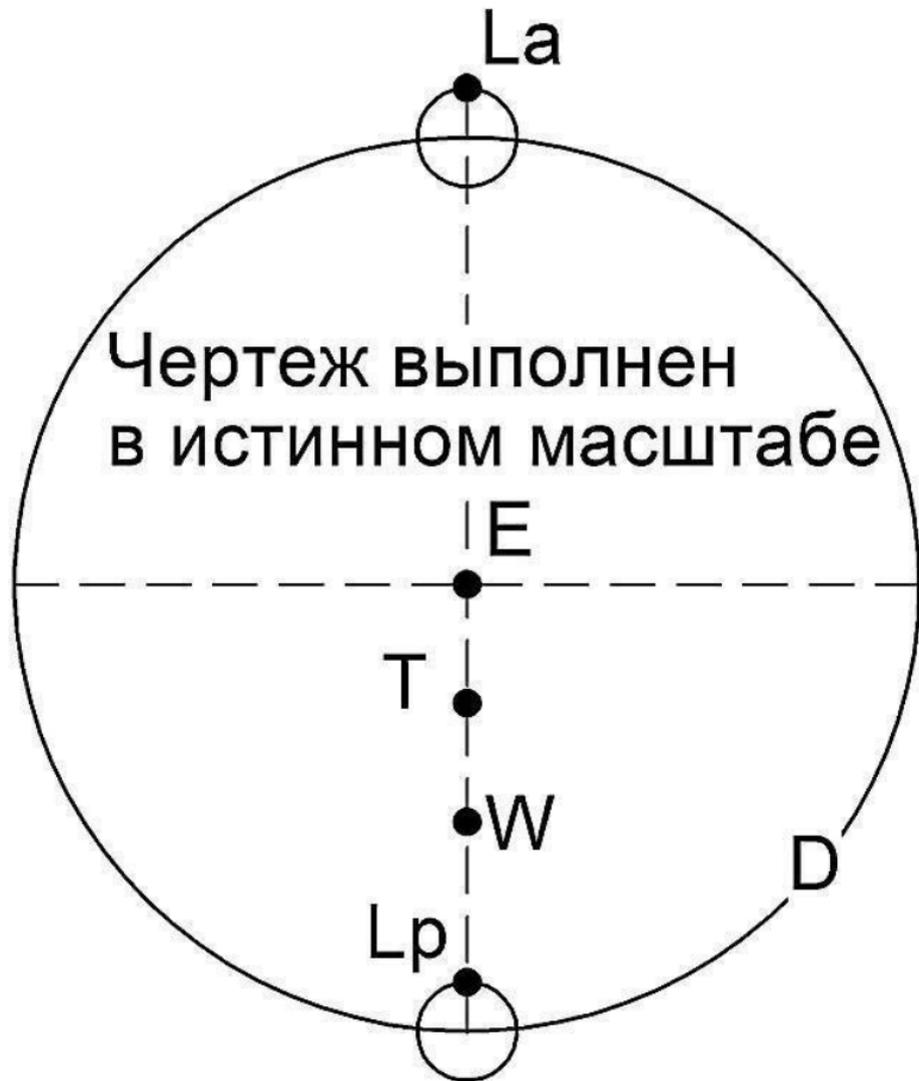
Опираясь на несколько наблюдений Птолемей показал, что  $TE = TW$ , причем в сизигиях и квадратурах угол  $aCa' = 0^\circ$ , тогда как при  $2\varphi = 114^\circ$  угол  $aCa'$  принимает максимальное значение  $13^\circ 09'$ . Таким образом, истинный апогей  $a$  постоянно колеблется относительно среднего  $a'$ , что вызывает ускорение Луны по мере приближения к новолунию и полнолунию, а также замедление по мере приближения к первой и последней четверти. Поправку к аномалии следовало вычислить заранее и прибавлять к уравнению центра перед построением положения Луны на эпицикле.

Такова была (с некоторыми оговоренными нами упроще-

ниями) полная лунная теория Птолемея, и она позволяла определить широту и долготу Луны в любой момент времени. Если вычерчивать круги достаточно аккуратно, то погрешность модели оставалась в рамках точности доступных в то время астрономических инструментов, а даты затмений удавалось определять по упрощенной схеме без эксцентра и экванта.

# Почему лунная теория Птолемея противоречит наблюдениям

Имелась, впрочем, серьезная проблема, которая проистекала из построений Птолемея: его модель хорошо описывала движение центра лунного диска по небесной сфере, но не положение самой Луны в пространстве. В самом деле, рассмотренная нами комбинация круговых движений приводит к чересчур сильному изменению расстояний между Землей и Луной. Если обратиться к чертежу, то можно легко увидеть: максимальная величина этого расстояния T-La практически вдвое превышает минимальную T-Lp. На основании древних вавилонских наблюдений Птолемей определил, что видимый угловой диаметр Луны в положении La (в апогеях эпицикла и эксцентра) составляет 31'20" или 35'20" (для разных затмений получались несколько отличные результаты). Но в таком случае в положении Lp (в перигеях эпицикла и эксцентра) видимый размер Луны должен составлять целый градус, а это категорически противоречит наблюдениям. Даже безо всяких инструментов совершенно ясно, что величина лунного диска почти не изменяется (не более чем на 14%), и античные астрономы отлично об этом знали.



Расстояние до Луны Птолемей определил в диапазоне от 54 до 64 земных радиусов в сизигиях, а также – от 34 до 44 земных радиусов в квадратурах. Диапазоны возникают

оттого, что Луна может занимать различные положения на эпицикле. Истинные же значения лежат в пределах от 55,9 до 63,8 земных радиусов, откуда можно заключить, что Птолемей очень хорошо оценил размеры лунной орбиты, но ее форму представлял совершенно неверно.

Что касается несоответствия теоретической и наблюдаемой величины лунного диска в квадратурах, то Птолемей едва ли мог не заметить этой проблемы, однако никак ее не прокомментировал, и вообще не стал приводить видимых размеров Луны для первой и последней четверти. Поскольку античная астрономия не претендовала на то, чтобы собственными средствами получить знания об истинной картине мира, то и теория эпициклов являлась лишь инструментом для вычисления широты и долготы небесных тел. Физический механизм круговых движений оставался вне рамок «Альмагеста», а потому не требовалось объяснять такие несоответствия, которые изначально и не предполагалось исследовать. Однако данное поведение Птолемея плохо вяжется с его дотошностью во всех прочих случаях, и это косвенно доказывает, что о неудобном вопросе было попросту решено умолчать.

На самом деле Птолемей допускал и менее явные ошибки. Так, определяя видимые размеры Луны, он полностью игнорирует собственную теорию движения Солнца и полагает его размер всегда строго постоянным, хотя для орбиты

с эксцентром такое невозможно. Также нередко в качестве исходных данных принимаются наблюдения, описание которых явно говорит об их неточности или даже ошибочности. В других местах своего труда Птолемей все же обнаруживает некоторые расхождения теории и фактов, но безо всякого объяснения отдает предпочтение то первой, то вторым.

Важно, однако же, понимать, что для греческой философской мысли основным недостатком лунной теории Птолемея являлось не противоречие явлениям, но введение подвижного эксцентра и экванта. Из-за этих математических уловок круговые движения фактически переставали быть равномерными, и это делало «Альмагест» полностью неприемлемым с точки зрения античной физики, хотя для вычислений подобные допущения полагались допустимыми.

# Теории движения планет Птолемея

Геометрические наработки, использованные для улучшения моделей Солнца и Луны, позволили Птолемею приступить к описанию движения оставшихся планет, тем более что какой-либо сносной теории их перемещений не существовало вовсе. При этом он всегда четко выделял Меркурий, Венеру, Марс, Юпитер и Сатурн как пять блуждающих звезд, хотя в античности обычно просто говорили о семи планетах.

Естественно, что все планетарные движения предполагалось рассматривать относительно плоскости эклиптики, а различные наблюдаемые неравенства выводить из комбинации круговых обращений. В первую очередь требовалось объяснить первое зодиакальное неравенство планет, то есть неравномерную скорость их перемещения по зодиаку (вызванную эллиптической формой орбит), и для этого все деференты принимались эксцентрическими относительно Земли. Второе неравенство, то есть стояния и ретроградные движения моделировались эпициклом, который вращался в том же самом направлении, что и деферент. Если учесть еще и то, что планеты несколько отклоняются от эклиптики (поскольку реальные орбиты не расположены в одной плоскости), то общие принципы их движений согласно «Альмагесту» можно изложить в нескольких достаточно

простых тезисах:

1. Центры эпициклов Меркурия и Венеры всегда лежат на прямой Земля-Солнце, поэтому периоды их обращения на деферентах строго равны одному году.

2. Период обращения Меркурия на эпицикле равен 88 суткам, а Венеры – 225 суткам.

3. Марс обращается на деференте за 1,88 года, Юпитер за 11,87 лет, а Сатурн за 29,46 лет.

4. Отрезки, соединяющие Марс, Юпитер и Сатурн с центрами их эпициклов всегда параллельны прямой Земля-Солнце, а, значит, периоды их обращения на эпициклах равны одному земному году.

5. Деференты Меркурия и Венеры лежат в плоскости эклиптики, а их эпициклы наклонены к ней под небольшими углами.

6. Деференты Марса, Юпитера и Сатурна наклонены к плоскости эклиптики на небольшие углы, а их эпициклы всегда параллельны ей.

Всё перечисленное, кроме эксцентров и углов наклона, пока что ничем не отличается от теории Гиппарха. Для каждой планеты мы по-прежнему наблюдаем жесткое согласование с движениями Солнца, из которого не делается никаких выводов. Тем не менее, Птолемей решил перейти от качественного описания к точным числовым решениям, а для этого ему потребовалось вычислить отношения размеров эпициклов и деферентов для каждой планеты. Причем

оказалось, что как выбрать в древних таблицах необходимые опорные наблюдения так же трудно, как и выполнить сами расчеты. Покажем для примера, как эта задача была решена в случае Венеры.

## Определение размеров деферента и эпицикла. Величина эксцентра

Пусть Венера  $V$  расположена на эпицикле  $\epsilon$ , движущемуся по деференту  $D$ , центр которого  $E$  не совпадает с Землей  $T$ . Мы помним, что центр эпицикла всегда расположен на прямой Земля-Солнце. Из двух симметричных наблюдений Венеры, обозначенных на чертеже как  $V_P$  и  $V_{P'}$ , когда она была сильнее всего удалена от Солнца, легко провести линию апсид  $A-P$  для деферента  $D$ . Поскольку радиус эпицикла принят постоянным, то максимальный угол элонгации означает, что центр эпицикла  $P$  в этот момент расположен ближе всего к Земле, а точка  $P$  является перигеем. В таком случае Земля  $T$  расположена где-то между точек  $E$  и  $P$ . Долгота апогея Венеры составила  $55^\circ$ , а перигея, соответственно –  $235^\circ$ .



Р, во-первых, разделены половиной года, а, во-вторых, из-за несогласованности периодов на деференте и эпицикле (разной продолжительности года на Земле и на Венере) иногда оказывается так, что в окрестностях апогея и перигея Венера почти не удаляется от Солнца. Кроме того Венеру можно наблюдать лишь утром и вечером (далеко не каждый раз), а погода при этом должна быть ясной. Так или иначе, но Птолемей установил, что максимальное значение угла  $ATV_A = 44^4/5^\circ$ , а угла  $PTV_P = 47^1/3^\circ$ .

Далее необходимо воспользоваться несложными геометрическими соображениями. Поскольку в точках  $V_A$  и  $V_P$  Венера наблюдается под максимальным углом от центра эпицикла, то отрезки  $TV_A$  и  $TV_P$  должны быть касательными к своим эпициклам. Поскольку касательные всегда перпендикулярны радиусам, проведенным к точке касания, то треугольники  $ATV_A$  и  $PTV_P$  являются прямоугольными. Кроме того,  $AV_A = PV_P$ , ведь эпицикл не меняет своих размеров, а  $PT+TA = 2 \cdot EA$ , что видно из построения. Воспользовавшись теперь тригонометрическими таблицами можно установить, что  $AV_A/EA = R_\varepsilon/R_D = 0,7194$ , а эксцентриситет составляет  $ET/EA = ET/R_D = 0,021$  (столь малое отклонение практически невозможно отобразить на чертеже без потери его наглядности, поэтому точку  $T$  мы поместили не в масштабе).

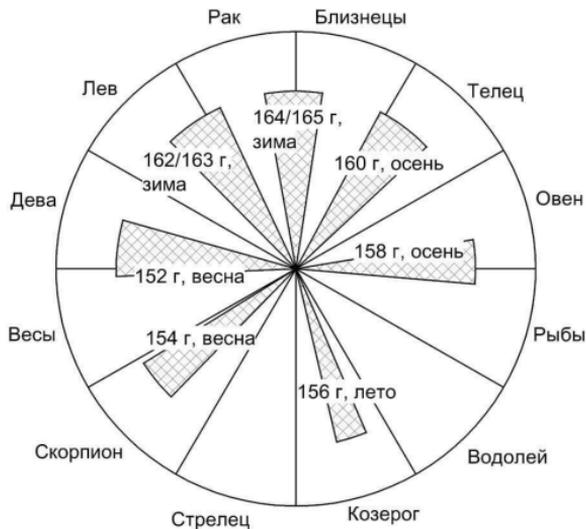
Для других планет использован аналогичный принцип определения отношения  $R_\varepsilon/R_D$  и величины эксцентриситета

ET, а вычисленные Птолемеем значения приведены в таблице ниже.

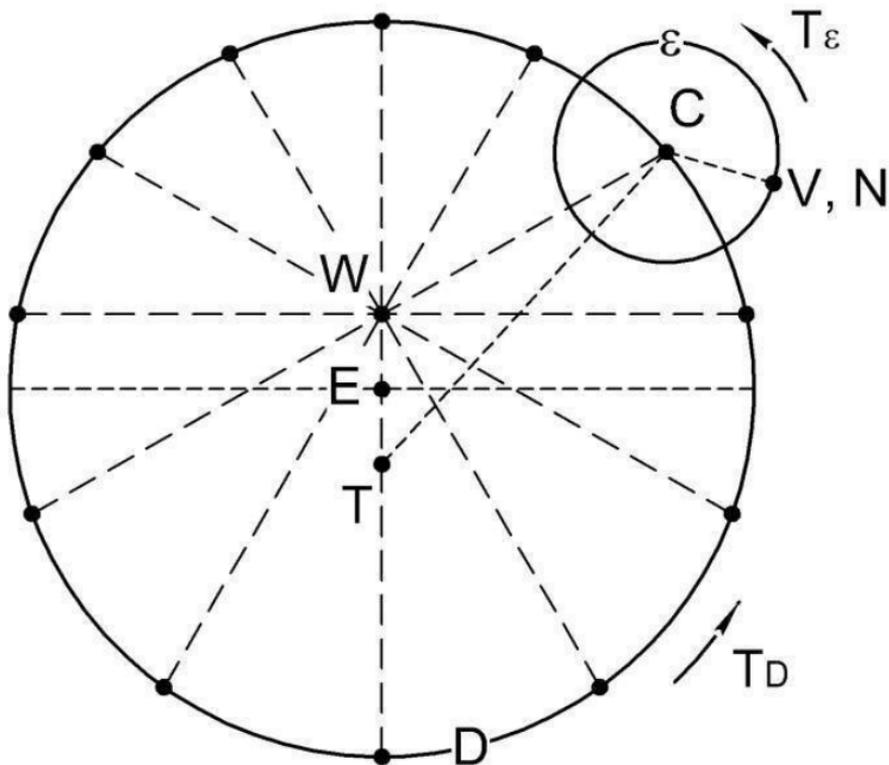
Планета	Отношение радиусов эпицикла и деферента $R_e/R_D$	Эксцентриситет $ET/R_D$	Долгота апогея $\gamma$
Меркурий	0,3708	0,050	190°
Венера	0,7194	0,021	55°
Марс	0,6583	0,100	115,5°
Юпитер	0,1917	0,045	161°
Сатурн	0,1083	0,057	233°

# Уточнение первого неравенства в движении планет. Эквант

К сожалению, наблюдения показывали, что простое равномерное перемещение эпицикла по эксцентрическому деференту не в полной мере объясняет первое неравенство в движении планет. Кроме неравномерной скорости перемещений по эклиптике наблюдались также различия в ширине ретроградных дуг и угловых расстояниях между ними. Так, например, для Марса их величина вблизи перигея и апогея отличается вдвое, что наглядно показано на соответствующей схеме, где заштрихованные сектора соответствуют положению и ширине видимых дуг попятного движения в различные годы. Данный эффект легко понять, если взглянуть на реальные эллиптические орбиты Земли и Марса: видно, что в моменты противостояний (когда и возникают ретроградные движения) расстояние между двумя планетами могут отличаться практически вдвое.



Чтобы исправить данное несоответствие Птолемей воспользовался тем же средством, которое уже помогло ему при работе над лунной теорией – эквантом, – однако придал ему несколько иной геометрический смысл. В моделях движения планет эквант  $W$  лежит на линии апсид  $A-P$ , но располагается еще дальше от Земли  $T$ , чем эксцентр  $E$ . Именно эквант является центром равномерного движения эпицикла на деференте. Иными словами центр эпицикла  $C$  движется по деференту  $D$  таким образом, что отрезок  $WC$  за равные промежутки времени поворачивается вокруг точки  $W$  на одинаковые углы.



Из чертежа очевидно, что теперь за одно и то же время центр эпицикла проходит различные дуги на деференте – ближе к апогею точка С замедляется, а у перигея ее скорость существенно возрастает. Данное физическое неравенство линейных скоростей дополнительно усиливается тем, что ускорение эпицикла происходит ближе к Земле, а потому наблюдаемая угловая скорость около перигея окажется еще выше (а у апогея, наоборот, еще сильнее уменьшится). Исходя из разницы в ширине ретроградных дуг Марса,

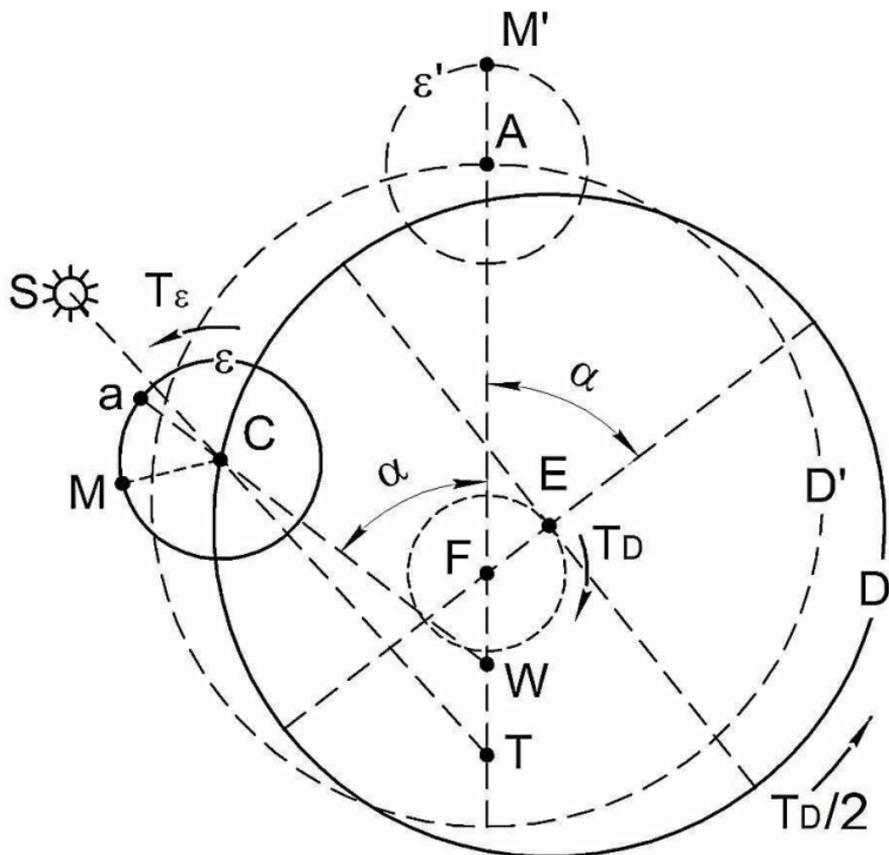
а также сравнив наибольшие элонгации Венеры к западу и к востоку от Солнца, Птолемей заключил, что  $ET = EW$ , то есть точка  $E$  делит полный эксцентриситет  $TW$  ровно пополам, и это правило получило название бисекции эксцентриситета.

Модели с эквантом давали уже вполне хорошее соответствие наблюдениям, однако, строго говоря, движение планет на деферентах переставало быть равномерным, что противоречило любым античным представлениям об устройстве космоса.

# Теория движения Меркурия у Птолемея

Всего сказанного оказалось недостаточно при описании движения Меркурия, для которого Птолемей ввел еще один промежуточный эксцентр F. Если принять Землю в точке T, а эквант в точке W, то по уже известному правилу бисекции эксцентриситета имеем  $TW = WF = 0,05 \cdot R_D = \frac{1}{20}R_D$ . Точка F, однако же, не связана непосредственно с деферентом D, центр которого E обращается вокруг F за период  $T_D = 1$  году, но в направлении противоположном вращению деферента. Радиус  $FE = \frac{1}{21}R_D$ , а скорости вращений согласованы так, что всегда соблюдается равенство угла AFE и угла AWC. Чтобы скомпенсировать обратное годовое вращение точки E, скорость обращения самого деферента должна быть увеличена вдвое, то есть его период будет равен  $T_D/2$ , и тогда с Земли будет визуально казаться, что он движется с периодом  $T_D$ , совершая один оборот за год. Точка A лежит на прямой T-W-F и является апогеем деферента, а точка C это центр эпицикла. В моменты, когда точка C совпадает с A (на схеме это состояние показано пунктирными линиями, соответствующими положению деферента D' и эпицикла ε'), Меркурий не всегда попадает строго в положение M' поскольку

периоды его обращения на деференте и на эпицикле не согласованы ( $T_D/T_\epsilon = 365,25/88 = 4,15$ ).

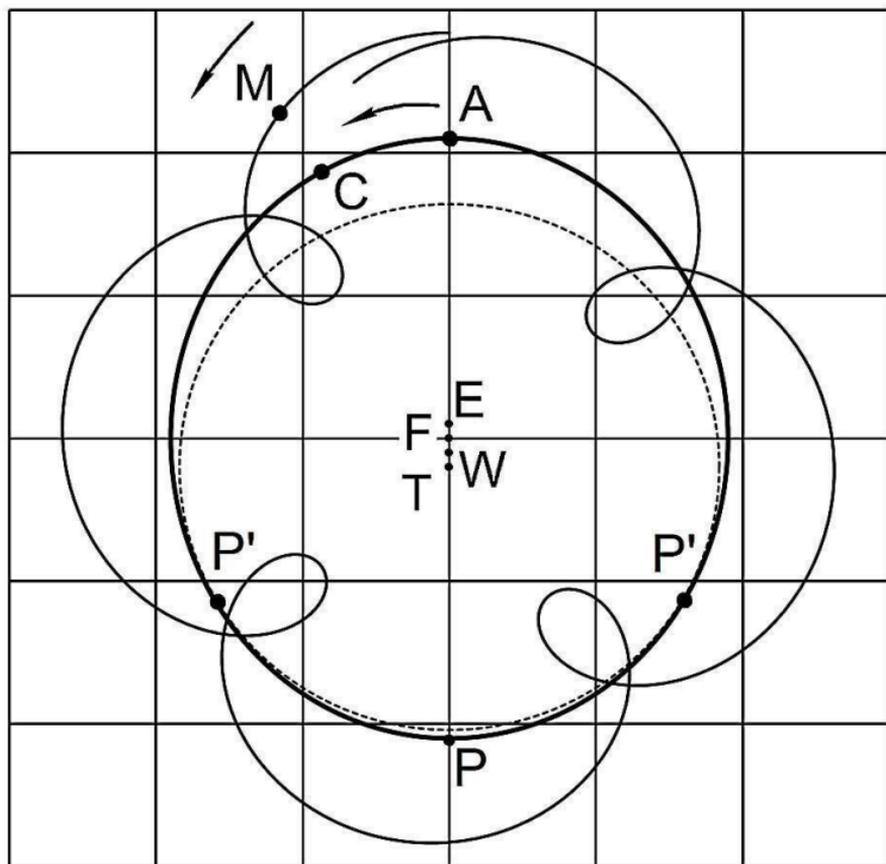


Таким образом, получается, что эквант W является центром равномерного вращения (аномалия на эпицикле отсчитывается от точки a лежащей на прямой WC), эксцентр E является центром равных расстояний (радиус деферента EC всегда остается постоянным), а солнце S всегда наблюдается

на прямой ТС.

Сложно сказать, из каких соображений потребовалось усложнять теорию вторым эксцентром, поскольку он отнюдь не повышает точность, а наоборот – снижает ее. Нельзя, конечно, забывать, что наблюдать Меркурий очень сложно, но у Птолемея имелось достаточно данных, и предложенная модель им не соответствует, а некоторые цифры попросту были вычислены неверно. Более того, оказывается, что при указанной комбинации движений центр эпицикла движется вокруг Земли по траектории с двумя перигеями (симметричными между собой, но не противостоящими апогею). Посмотрим, как это получилось. На координатной сетке представлены годовые орбиты центра эпицикла С и планеты Меркурий М за один год, причем полагается, что и эпицикл, и Меркурий начинают движения из апогеев. Точка С, что естественно, совершает полный оборот и возвращается в исходное положение – в апогей А, а вот сама планета спустя год в исходное положение не возвращается, что тоже вполне соответствует реальности. Видно, что за один год Меркурий сделал четыре ретроградных петли, то есть, на самом деле, четырежды обернулся вокруг Солнца, что также совершенно правильно. Тем не менее, из-за того, что эксцентр деферента Е сам вращается вокруг другого эксцентра F, траектория точки С напоминает эллипс, вытянутый вдоль линии апсид АР. Пунктиром на чертеже показана окружность с центром в точке Т (это Земля), и видно, что она касается нашего эл-

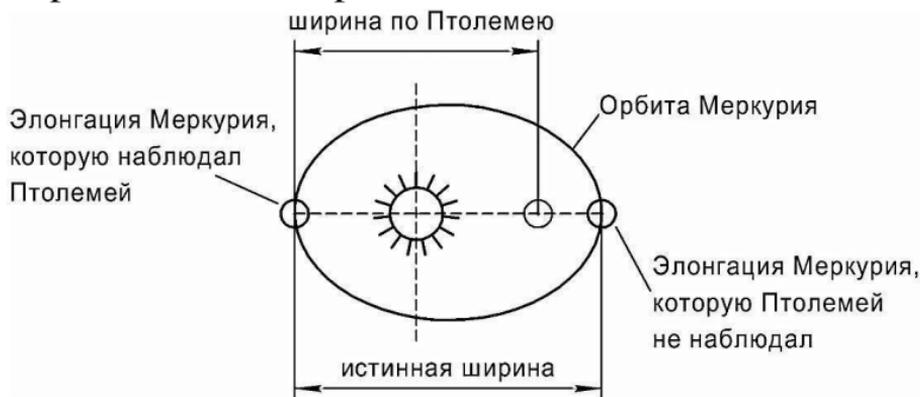
липса в двух точках  $P'$ , симметричных относительно линии апсид, но достаточно сильно удаленных от точки  $P$ , которая перигеум не является, поскольку удалена от Земли на большее расстояние, чем точки  $P'$ .



Наличие двух перигеев никак не вытекало из приведенных в «Альмагесте» наблюдений, а сам Птолемей не объясняет этот факт, но, как мы уже видели на примере с Луной,

его мало заботили пространственные координаты небесных тел, если широта и долгота определяются верно. Другое дело, что положения Меркурия на небесной сфере весьма отличаются от тех, что дает модель с подвижным эксцентром, но тут имеется один важный нюанс. Теоретически за год можно увидеть шесть максимальных элонгаций Меркурия (некоторые элонгации в ретроградных петлях невозможно наблюдать физически), но на практике это совсем не так. Нужно успеть сделать наблюдения в краткие периоды восхода и заката Солнца, от которого Меркурий никогда не удаляется далеко, а плохая погода или облака сведут все усилия на нет. Кроме того часто Меркурий почти не виден из-за того, что его затмевает солнечный свет. Неудивительно поэтому, что Птолемей оказался вынужденным использовать не самые удобные из наблюдений, а те, которые удалось получить, причем часть из них сделал он сам, а другие произвел некий Дионисий, живший за четыре века до написания «Альмагеста». Для Венеры Птолемею хватило всего восьми наблюдений, но они были выполнены в наиболее удобные моменты максимальных элонгаций, а для Меркурия потребовалось целых шестнадцать записей, и все они были сделаны, когда получилось. Для точки  $P$  вообще не была измерена видимая угловая ширина эпицикла, поскольку Птолемей наблюдал лишь восточную элонгацию, и попросту умножил ее на два. Полученная ширина эпицикла оказалась сильно заниженной по отношению к точкам  $P'$ , для которых удалось

добросовестно определить отклонения Меркурия в обе стороны от Солнца. На самом деле восточная и западная элонгации Меркурия несимметричны (из-за сильной эллиптичности истинной его орбиты), и в точке Р видимая ширина эпицикла должна оказаться самой большой, но Птолемей не разобрался в этом вопросе.



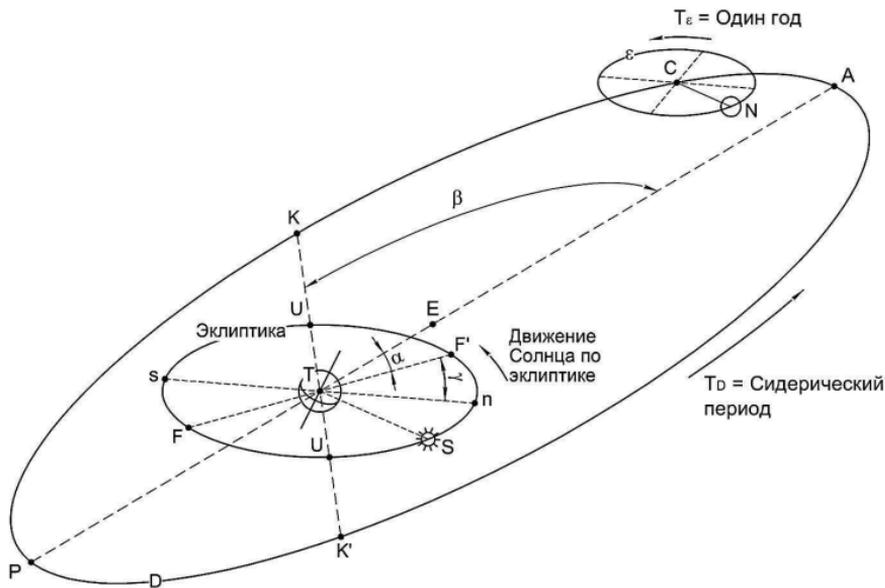
Теория движения Меркурия у Птолемея дает хорошее совпадение с теми наблюдениями, которые использовались в качестве исходных данных, но для всех иных положений ее точность оставляет желать лучшего, и она существенно уступает всем прочим моделям из «Альмагеста».

# Модели Птолемея для описания движений планет по широте

До сих пор мы рассматривали планетарные движения так, будто бы они всегда остаются плоскими, однако в действительности это не так: планеты изменяют свою широту достаточно сложным образом. Впрочем, наклоны их орбит к эклиптике невелики, и Птолемей просто пренебрегает ими при вычислении движений по долготе. Такое упрощение действительно вполне допустимо, поскольку сильно упрощает модели и почти не дает ошибки. Однако Птолемей не мог полностью проигнорировать расчет широты, хотя и признавал этот вопрос хлопотным и трудным. Общее решение предполагало пространственное расположение отдельных элементов кинематических моделей, причем различным образом для внешних и внутренних планет.

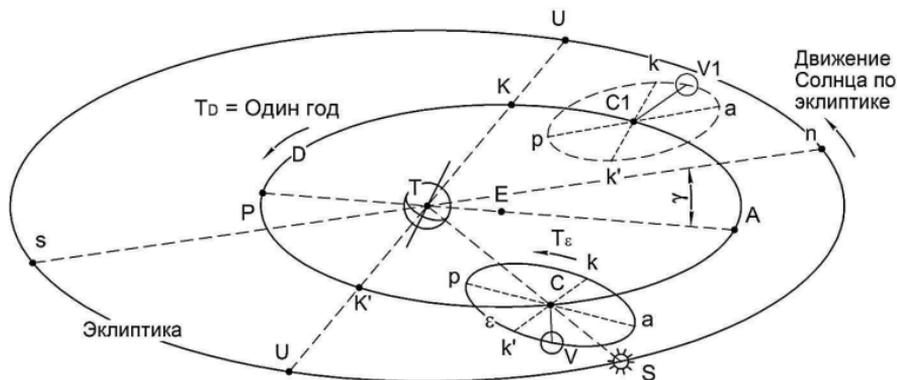
Рассмотрим сперва модель для внешних планет – Марса, Юпитера и Сатурна. На схеме точка  $T$  соответствует центру Земли, а прямая  $n-s$  отмечает направление север-юг на эклиптике. Плоскость деферента  $D$  наклонена к эклиптике под малым углом  $\alpha$  (равен  $1^\circ$  для Марса,  $1,5^\circ$  для Юпитера и  $2,5^\circ$  для Сатурна) и пересекает ее по линии  $U-U$ . Центр деферента  $E$  удален от Земли на величину эксцентриситета  $ET$ , а проекция линия аписид  $AP$  на плоскость эклиптики (пря-

мая F-F') образует с линией n-s угол  $\gamma$ , который и определяет долготу апогея A. Сама линия апсид деферента A-P наклонена к прямой U-U под углом  $\beta$ , который для Марса равен ровно  $90^\circ$ , для Юпитера составляет  $70^\circ$  (наклон на запад), а для Сатурна –  $140^\circ$  (наклон на восток). Одновременно с этим эпицикл  $\varepsilon$  всегда остается параллелен эклиптике, а линия, соединяющая центр эпицикла C с планетой N оказывается параллельна направлению от Земли T на Солнце S. Впрочем, точность такой модели не удовлетворила Птолемея, и он все же ввел небольшие углы наклона для эпициклов.



Для Меркурия и Венеры пространственная система оказалась несколько иной (не считая того факта, что Меркурий

потребовал введения второго подвижного эксцента). Их деферент  $D$  лежит в плоскости эклиптики и его линия апсид  $A-P$  образует с линией  $n-s$  угол  $\gamma$ , определяя тем самым долготу апогея  $A$ . Центр эпицикла  $C$  всегда лежит на прямой  $T-S$ . За годовой период обращения эпицикла  $\varepsilon$  на деференте  $D$  сам деферент совершает одно малое колебание на оси  $U-T-U$ , амплитуда которого составляет  $\pm 10'$  для Венеры и  $\pm 45'$  для Меркурия. Причем, когда центр эпицикла  $C$  находится в точках  $K$  и  $K'$ , угол между деферентом и эклиптикой равен  $0^\circ$ , а когда точка  $C$  находится в апогее  $A$  или перигее  $P$  – наклон максимален. Сам эпицикл также не лежит в плоскости деферента, и угол между ними плавно изменяется таким образом, что при прохождении центра эпицикла  $C$  через точки  $A$  и  $P$  в плоскость деферента попадает диаметр эпицикла  $a-p$ , тогда как при прохождении центра эпицикла  $C$  через точки  $K$  и  $K'$  в плоскость деферента попадает диаметр эпицикла  $k-k'$ . Меркурий в апогее  $A$  находится южнее (ниже) эклиптики, а Венера – севернее.



Несмотря на все использованные геометрические ухищрения, Птолемей оказался вынужден признать, что задача вычисления широт не получила у него достойного разрешения, и точность моделей осталась достаточно низкой. Основная сложность тут состояла в том, что в действительности плоскости планетарных орбит проходят через Солнце, а не через Землю, поэтому все колебания нужно отсчитывать именно от Солнца, но в рамках геоцентрической модели предположить подобное было нереально. Ошибки Птолемея в определении долготы можно было исправить за счет уточнения параметров моделей или введения дополнительных кругов, чем, собственно, и занимались многие астрономы более позднего времени, но вот движения по широте так и не получили никакого внятного объяснения до тех пор, пока Солнце не оказалось перемещено в центр мира. Впрочем, до этого события оставалось еще четырнадцать столетий, на протяжении которых «Альмагест» оставался надежным фун-

даментом всех астрономических знаний человечества.

Современному читателю может показаться странным, что другие астрономы так долго не делали очевидных (казалось бы) выводов из прочно установленных связей между движениями Солнца и планет. В самом деле, как уже было показано, Венере и Меркурию не нужны деференты, ведь центры эпициклов можно просто совместить с Солнцем, а эпициклы Марса, Юпитера и Сатурна всего лишь воспроизводят истинную годовую орбиту Земли. Однако нельзя забывать и тот факт, что в неравномерности лунного движения также оказались зависимыми от положения Солнца, и этому имелись твердые доказательства. Иными словами, если Луна обращается вокруг Земли и одновременно связана с положением Солнца, то почему бы и другим планетам не поступать сходственным образом. Здесь требовались более надежные аргументы, чем простое математическое удобство, но они потребовали бы пересмотра всех физических представлений, что как минимум не являлось целью, которую ставил перед собой Птолемей – дать математический аппарат для точного описания небесных движений.

# Объем проведенных Птолемеем расчетов

Несмотря на отмеченные недостатки, нужно признать, что изложенная в «Альмагесте» система является удивительным достижением античной мысли. В следующий раз человеческий гений сумеет подняться на сопоставимую высоту лишь полтора тысячелетия спустя. Из рук Птолемея астрономы получили инструмент составления таблиц движения Солнца, Луны и планет, который хоть и не всегда давал точные результаты, но во многих (наиболее важных) случаях вполне соответствовал уровню наблюдений и потребностям того времени.

Сам Птолемей осторожно заявлял, что лишь показывает, какие гипотезы могут объяснить каждое из небесных движений с помощью воображаемых кругов, а ранние комментаторы прямо говорили, что деференты и эпициклы являются не более чем способом вычисления положений планет. Что же касается эксцентров и эквантов, то они никак не могли быть приняты в качестве реально существующих явлений, оставаясь исключительно математическими допущениями, которые спасают явления, нарушая при этом фундаментальный принцип мироздания – принцип равномерности круговых космических движений.

Модели «Альмагеста» для своего использования требовали большого числа геометрических построений и множества вспомогательных вычислений, но в силу слабого развития античной алгебры (точнее почти полного ее отсутствия) не могли быть сведены к привычным для нас уравнениям, оставаясь во многом просто графическим инструментом, который, однако же, обладал немалой наглядностью. В любом случае производить расчеты по теории эпициклов – невероятно трудоемкое занятие. Сам Птолемей приводит таблицы с определенными им параметрами средних движений (без учета обращения на эпицикле) пяти планет, вычисляя по шесть величин (по теории простого эксцентра и с поправкой на правило бисекции, то есть на введение экванта) для 45 значений аргумента средней аномалии, что дает нам  $5 \cdot 6 \cdot 45 = 1350$  расчетов. И всё это делалось исключительно с помощью циркуля, линейки и таблицы хорд. Насколько реально выполнить всю эту работу в одиночку – до сих пор открытый вопрос.

Но и это еще не все. Изложение теории движения планет Птолемей начинает с того, что по результатам наблюдений определяет средние смещения планет по долготе и по аномалии за год, за месяц, за сутки и за час. После этого для всех планет приводятся таблицы средних смещений по долготе и по аномалии на 45 циклов по 18 лет каждый, на каждый год одного 18-ти летнего цикла, на 12 месяцев одного года, на 30 суток одного египетского месяца, и на каждый час суток.

Таким образом, имеем следующий объем расчетов:

- 5 планет;
- 2 параметра (смещения по долготе и по аномалии);
- 45 циклов по 18 лет (т.е. смещение планеты за каждые 18 лет);
- 18 лет в одном цикле;
- 12 месяцев в году;
- 30 дней в месяце;
- 24 часа в сутках;

что в сумме дает нам  $5 \cdot 2 \cdot (45 + 18 + 12 + 30 + 24) = 1290$  значений, вычисленных Птолемеем вплоть до шестого шестидесятичного разряда (абсолютно избыточная точность). В данном случае, разумеется, не требовалось строить комбинаций кругов, поскольку все значения получались простым сложением и умножением исходных величин, но масштаб выполненной работы все равно поражает.

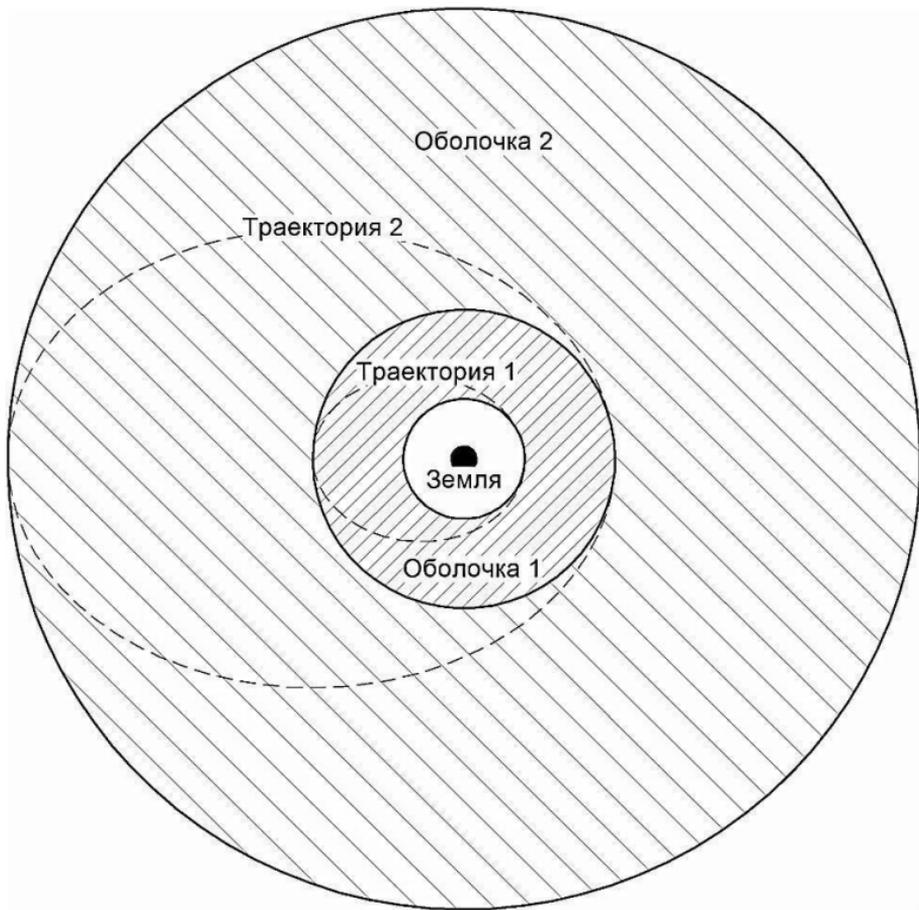
# **«Планетарные гипотезы».**

## **Расстояния до небесных тел и их размеры у Птолемея**

Поскольку теория эпициклов с самого начала создавалась для объяснения видимых движений на небесной сфере, то она не могла дать ответов ни на вопрос о расстояниях до планет, ни на вопрос об их размерах. Действительно, все решения в «Альмагесте» получены в форме отношений радиусов деферентов к радиусам эпициклов, либо – к размерам эксцентров. Сами по себе радиусы деферентов могут быть любыми, и это никак не повлияет на визуально наблюдаемые с Земли угловые перемещения. Для удобства вычислений Птолемей обычно принимает радиус каждого деферента за  $60'$ , но при этом очевидно, что он не считает деференты небесных тел одинаковыми, хотя такое решение и могло бы представлять определенный интерес.

Свое решение данного вопроса Птолемей приводит в труде «Планетные гипотезы», который был написан позже «Альмагест», и фактически являлся его кратким пересказом, но с некоторыми дополнениями. За основу рассуждений берется сформулированный еще Аристотелем априорный принцип о том, что природа не терпит пустоты (и всего

бесполезного либо ненужного). Отсюда делается такой вывод, что каждое небесное тело обязано занимать свою сферическую оболочку, ширина которой определяется из максимального и минимального удаления этого небесного тела от Земли. Эти оболочки плотно подогнаны друг к другу, и между ними не должно иметься никаких зазоров. Если как-либо установить порядок расположения планет, Солнца и Луны, то их оболочки окажутся строго совпадающими между собой. В такой формулировке задача могла дать лишь относительные расстояния до Земли, но Птолемей привлек еще некоторые соображения.



Во-первых, Птолемей знал реальные размеры Земли, определенные Эратосфеном. Во-вторых, он понимал, что Луна единственная имеет наблюдаемый параллакс, и потому ближе всего расположена к Земле, что подтверждается еще и тем фактом, что она регулярно затмевает Солнце и планеты. При этом расстояние до Луны может быть с высокой точностью определено уже известным нам способом. С несколько

меньшим основанием Птолемей предположил, что небесные тела удалены от Земли тем дальше, чем длиннее их период обращения. Эта гипотеза не имела под собой исключительно эстетические основания, но дала условно верную последовательность Солнце-Марс-Юпитер-Сатурн в порядке их удаления от Земли (на самом деле Марс иногда оказывается существенно ближе к Земле, чем Солнце). Для Меркурия и Венеры, однако же, этот довод не работал, поскольку они, как и Солнце, совершают оборот вокруг Земли в среднем за один год. Здесь уже потребовалась вычислительная подгонка результатов, а кроме того, Птолемей, очевидно, исходил из общего принципа о том, что Солнцу следует находиться строго в середине всей системы. В результате он пришел к следующей последовательности

*Земля-Луна-Меркурий-Венера-Солнце-Марс-Юпитер-Сатурн-Сфера звезд*

а вычисленные им размеры небесных оболочек представлены в таблице.

Небесное тело	Расстояние от Земли (в земных радиусах)				Средний угловой размер (диаметр) на небесной сфере		Радиус небесного тела (в земных радиусах)	
	У Птолемея			Истинное среднее	У Птолемея	Истинный	У Птолемея	Истинный
	Мин.	Макс.	Среднее					
Луна	33	64	48,5	60,3	33'20"	31'43"	0,235	0,273
Меркурий	64	166	115	23464,6	2'	9"	0,033	0,383
Венера	166	1079	622,5	23464,6	3'	38"	0,272	0,95
Солнце	1160	1260	1210	23480,3	31'20"	31'59"	5,514	109
Марс	1260	8820	5040	35845,1	1'30"	14"	1,099	0,532
Юпитер	8820	14187	11503,5	122031,6	2'30"	40"	4,183	11
Сатурн	14187	19865	17026	224051,6	1'40"	17"	4,127	9,1

Первое, что бросается в глаза при анализе размеров

небесных оболочек, это то, Луна теперь действительно почти вдвое меняет свое удаление от Земли, что полностью противоречит наблюдениям. Если в «Альмагесте» излагалась просто вычислительная теория, которую современники именно так и воспринимали, то в «Планетарных гипотезах» Птолемей прямо говорит о реальном физическом мироустройстве. Противоречие с фактами игнорируется.

Вторым важным моментом является максимальный радиус оболочки Сатурна, равный 19865 радиусам Земли. Данное расстояние являлось одновременно и размером сферы звезд, то есть очерчивало границу всей вселенной. Даже если не говорить о том, что космос необозримо больше Солнечной системы, то и ее размеры Птолемей недооценил более чем в десять раз, хотя, разумеется, полученная им цифра все равно говорила о колоссальных расстояниях.

Более важным, однако, является то, что между Венерой и Солнцем у Птолемея остался небольшой зазор в промежутке между 1079 и 1160 земными радиусами. Дело в том, что максимальное расстояние до Луны было вычислено уже достаточно точно (истинное значение составляет 63,836), и сомневаться в нем не приходилось. Далее Птолемей взял свои же результаты из «Альмагеста» и совместил апогей Луны с перигеем Меркурия, а апогей Меркурия – с перигеем Венеры. Числа здесь выстраиваются в твердо определенную последовательность, и апогей Венеры приходит на 1079 радиусов Земли (это число не изменится, даже если поменять

Меркурий и Венера местами). Однако сам Птолемей ранее показал, что расстояние до Солнца никак не может быть меньше, чем 1160 радиусов Земли, и таким образом возник указанный зазор.

Птолемей честно признал, что не может объяснить причину возникшего противоречия: оболочки должны идеально плотно прилегать друг к другу, не оставляя никакого пустого пространства, однако цифры говорят о том, что оно есть. Далее выдвигается гипотеза, что, возможно, расстояние до Луны всё-таки несколько больше, чем это получалось из расчетов. Для такого предположения не имелось никаких оснований, но оно могло помочь, поскольку в таком случае Венера немного удалялась от Земли, а Солнце, наоборот – приближалось, ведь расстояние до него определялось с помощью метода затмений и зависело от положения Луны.

На самом деле нет никакого закона природы, согласно которому получаемые по теории деферента-эпицикла апогеи и перигеи планет должны четко выстраиваться между Луной и Солнцем, тем более Птолемей расположил последнее в двадцать раз ближе к Земле, чем оно находится в действительности. В самом деле, если в отношении Луны метод определения расстояний был весьма точным, то для Солнца он являлся более чем сомнительным, почти спекулятивным, и мог дать сколь угодно большое значение. Однако в случае с зазором между Венерой и Солнцем проблема остается полностью на совести самого Птолемея.

Начать следует с того, что в «Альмагесте» лунный апогей оценен не в 64 радиуса Земли, а в  $64,1667$  (то есть  $64$  и  $\frac{10}{60}$ ), но для «Планетных гипотез», видимо, было решено использовать более «круглые» числа. Точно так же и для Венеры в «Альмагесте» приводится отношение апогея к перигею как  $104\frac{25}{60}$  к  $15\frac{35}{60}$ , равное  $6,70$ , а в «Планетных гипотезах» взяты округленные значения  $104$  к  $16$ , дающие  $6,5$  (откуда и  $1079/166 = 6,5$ ). Такая погрешность в  $0,2$  единицы может показаться незначительной, однако в рассматриваемых масштабах только она одна дает дополнительно  $33,2$  земных радиуса. Впрочем, самое странное, что для Меркурия в «Альмагесте» указано отношение  $91\frac{30}{60}$  к  $33\frac{4}{60}$ , равное  $2,767$ , но в «Планетарных гипотезах» Птолемей принимает  $88/34 = 2,588$  ( $64 \cdot 2,588 = 165,647$ ), и совершенно непонятно, как  $91,5$  превратилось в  $88$ , а  $33$  в  $34$ . Можно, конечно, предположить ошибку переписчика, но получается, что, ошибившись с цифрой, переписчик затем заново произвел все расчеты и заменил старые результаты на свои новые. Это кажется сомнительным. Наиболее вероятно, что геометр Птолемей просто не понимал всей важности аккуратных арифметических вычислений. В самом деле, если принять отношения в строгом соответствии с «Альмагестом», то максимальное расстояние до Венеры составит  $1190$  земных радиуса, что даже больше чем нужные  $1160$ , и при незначительных округлениях можно было бы без труда идеально совместить

все небесные оболочки. Даже удивительно, насколько хорошо согласуются числа, при том, что, как мы уже говорили, для этого нет никаких реальных физических оснований.

Что касается размеров небесных тел, то из видимых размеров Луны и Солнца, а также из вычисленных расстояний до них было совсем нетрудно определить их радиусы. Здесь было достаточно воспользоваться простой таблицей хорд. Размер Луны Птолемей оценил верно, и мог бы получить еще лучший результат, если бы принял очевидный факт того, что среднее расстояние до нее не меняется так сильно, как получалось в «Альмагесте». Угловой размер Солнца Птолемей также принял с приемлемой точностью, но оно было ошибочно помещено в двадцать раз ближе к Земле, чем следует, поэтому и его диаметр оказался в 20 раз меньше истинного.

К планетам, однако же, подобный подход применить было нелегко, поскольку на небесной сфере они выглядят просто точками. Из общих соображений вытекало, что Меркурий и Венера намного меньше Солнца, ведь они располагались (как считалось) ближе к Земле, но не имели при этом видимых дисков. По той же причине Марс, Юпитер и Сатурн не могли оказаться намного больше Солнца, ведь тогда у них имелись бы наблюдаемые угловые размеры. Больше никаких обоснованных выводов в данном случае сделать было нельзя. Телескопа греки не изобрели, хотя имели для этого все необходимые теоретические знания. Однако же Птолемей решил

предложить свои значения для угловых диаметров планет, опираясь именно на исследования античных оптиков, одним из которых являлся и он сам.

Греки хорошо знали, что человеческий глаз способен различать объекты, чей угловой размер составляет не менее  $1'$ . Это действительно так: все более мелкие источники света кажутся нам точками. В этой связи еще Гиппарх говорил, что видимые размеры самых тусклых звезд составляют  $\frac{1}{30}$  солнечного диска. А вот это уже совершенно неверно, поскольку достаточно яркие объекты будут отчетливо восприниматься в виде точечного источника света, даже если их угловой размер многократно меньше. Птолемей же исходил из того, что размеры планет обязательно должны быть больше, чем  $1'$ , и потому в соответствии с их яркостью постулировал для них следующие угловые диаметры: для Венеры —  $\frac{1}{10}$  солнечного, для Юпитера —  $\frac{1}{12}$ , для Меркурия —  $\frac{1}{15}$ , для Сатурна —  $\frac{1}{18}$ , для Марса —  $\frac{1}{20}$ . Эти цифры катастрофически велики по отношению к истинным, но поскольку удаленность планет полагалась намного меньше реальной, то оценка их размеров оказалась наоборот вполне приемлемой.

Меркурий по расчетам Птолемея оказался в 11,6 раз меньше, чем на самом деле, и в данном случае это была самая большая ошибка. Венера получилась сопоставимой по размерам с Луной, хотя в действительности она почти так же велика, как и Земля (ошибка в 3,5 раза). Марс оказался

чуть больше Земли, хотя он почти вдвое меньше. Сатурн и Юпитер у Птолемея превосходили Землю примерно в четыре раза, тогда как истинные цифры 9,1 и 11 соответственно (ошибка в 2,2 и 2,6 раз), причем Юпитер оказался все же самой большой из всех планет, что соответствует действительности. Никаких метафизических проблем в том, что вокруг Земли обращаются столь большие небесные тела, Птолемей не увидел.

# Научная честность Птолемея

Есть основания полагать, что Клавдий Птолемей не всегда был честен в тех данных, которые приводил, и даже намеренно подправил (отдельные исследователи употребляют формулировку «подделал») данные некоторых наблюдений, чтобы они наилучшим образом соответствовали его теориям. Вообще, это можно было предположить уже из тех соображений, которые мы высказывали относительно точности предложенных в «Альмагесте» геометрических теорий – она поразительна для античности, но в целом недостаточно удовлетворительна и на рассмотренных Птолемеем временных промежутках должна была явить свои недостатки. Если рассчитать координаты небесных светил по современным уравнениям и по моделям Птолемея, то окажется, что приведенные в «Альмагесте» наблюдения ближе именно к теории деферентов и эпициклов, но несколько отличаются от истинных положений Луны, Солнца и планет в указанные даты. Встает вопрос, насколько правомерно тут говорить о подделке данных. Ответ неоднозначен.

В самом деле, если Птолемей подгонял наблюдения под свою теорию, то возникает другой вопрос – откуда он вообще ее взял. При этом нельзя забывать, что модели Птолемея все-таки работали весьма неплохо, а лунная теория даже приве-

ла к открытию эквации, которую уж точно невозможно было выдумать. Куда более вероятным представляется тот факт, что сами наблюдения – как древние (вавилонские, египетские и греческие), так и выполненные самим Птолемеем – были попросту весьма неточными. Гипотетически античные инструменты позволяли работать с погрешностью до  $10'$ , но нет оснований считать, ее всегда удавалось достичь, и ошибка не составляла десятков угловых минут или даже градусов. О точности измерения времени в те годы даже говорить не приходится. Важно также понимать, что мы не располагаем почти никакими иными подобными «Альмагесту» источниками, охватывающими столь широкий спектр древних астрономических наблюдений. Поэтому можно также предположить, что Птолемей не исправлял наблюдения, но попросту проигнорировал некоторые (многие) имеющиеся у него данные, которые не укладывались в его построения, а потому не стал приводить их в своем труде, и тем самым навсегда вывел из научного обращения. Очень сильным доводом в пользу именно такой позиции является подход Птолемея к составлению звездного каталога.

Дело в том, что Птолемей наблюдал не так много звезд, а основные данные, очевидно, просто взял у Гиппарха, добавив поправку по долготе, которая накопилась из-за прецессии. Сама поправка при этом была вычислена неверно и содержала ошибку в  $1^\circ$ . Причина данной ошибки такова. Гиппарх установил, что прецессия составляет не менее  $36''$  в год

(то есть  $1^\circ$  за 100 лет), тогда как истинное значение составляет  $50''$  (то есть  $1^\circ$  за 72 года). Птолемей принимает значение в  $36''$  за истину и пересчитывает поправку к долготе за 265 лет. В результате получилось значение  $36'' \cdot 265 = 2^\circ 40'$ , тогда как правильное значение  $50'' \cdot 265 = 3^\circ 40'$ . Разница по долготе составила ровно  $1^\circ$  и далее эта ошибка перешла на все наблюдения «Альмагеста». Отсюда можно заключить еще и следующее: координаты тех звезд, которых не было у Гиппарха, Птолемей не измерял напрямую, а отсчитывал от каких-то опорных звезд, положение которых вычислил заранее.

Это очень важный момент, поскольку Птолемей проверял значение прецессии, определяя склонения 18 звезд, по которым имел данные и Гиппарх. Из этих наблюдений получается среднее значение прецессии очень близкое к истинным  $50''$ , однако Птолемей по неясным причинам выбрал лишь шесть звезд с самыми малыми результатами, отбрасив 12 других, без всяких оснований объявив верные результаты ошибочными. В реальности были занижены как раз использованные цифры. Таким образом, получается, что Птолемей не столько хотел установить реальное положение дел, сколько желал подтвердить мнение авторитетного предшественника, который вовсе не был столь крепко уверен в собственных результатах.

Таким образом, представляется более обоснованным говорить не о подделке Птолемеем данных наблюдений, но о неточных измерениях и о намеренном выборе тех результа-

тов, с которыми было удобнее работать, а также о безосновательном игнорировании других данных, которые нарушали стройность геометрических построений.

# Другие работы Птолемея

Сегодня «Альмагест» часто называют вершиной античной математической астрономии, однако современники (те, которые могли прочесть и понять труд Птолемея) видели ситуацию несколько иначе. Если «Начала» Евклида еще можно было использовать в каких-то иных целях, кроме исследования фигур, то сферическая геометрия и высшая тригонометрия создавались исключительно для вычисления небесных координат. Задачи античной оптики или геодезии были на два порядка проще. Что же касается астрономии, то даже составление календарей связывали с астрологией и умением понять высший порядок. Ну, а самые сложные модели Птолемея – описывающие движения пяти планет – вообще не могли быть использованы никак иначе кроме как для составления гороскопов.

Из всего сказанного важно не сделать некорректного вывода, будто бы в античности существовала глубокая связь между геометрией, астрономией и астрологией. Это чересчур современный взгляд, который разительно отличает научное мировоззрение от философского. Во времена Птолемея вообще не разделяли математику, астрономию и астрологию, поскольку одно не существовало без другого и не имело обособленного смысла. И в этом отношении очень ин-

интересно рассмотреть другие сочинения Птолемея, многие из которых, подобно «Альмагесту», также заложили многовековые традиции изложения той или иной дисциплины.

В ранней «Канопской надписи», высеченной на храмовой стеле в городе Канопусе близ Александрии, приведены параметры астрономических моделей, которые несколько отличаются описанных в «Альмагесте». Отсюда ясно, что Птолемей постоянно совершенствовал свою теорию, хотя мы и не знаем, какими соображениями он при этом руководствовался. Сама каменная стела представляла собой астрономическое посвящение Богу Спасителю (вероятно, Серапису) и погибла еще в древности, однако ее текст был переписан и сохранился до наших дней благодаря средневековым копиям.

Другая астрономическая работа – объемные «Подручные таблицы», – напротив написана позже «Альмагеста» и, как можно понять из названия, содержит большое число различных таблиц, позволяющих относительно легко вычислять положения небесных светил в любой момент времени, а также прогнозировать даты затмений и некоторых других астрономических явлений. Сами таблицы улучшены и упрощены по сравнению с теми, что даются в «Альмагесте», поскольку предназначены не для научной работы, а для практического использования астрологами, что способствовало их большой популярности в Риме, Византии, Персии и на мусульманском Востоке. В описании к таблицам Птолемей

изложил ряд новых соображений касательно способов вычисления координат планет, а также привел иные параметры для кинематических моделей, но эти данные не получили широкого распространения среди астрономов-теоретиков, продолжавших опираться именно на «Альмагест». Вероятно, причина тут была именно в прикладном характере самой книги, которую не воспринимали как учебник. Зато невероятно востребованным оказался содержащийся в таблицах «Царский канон», то есть последовательный список периодов царствования ассирийских, вавилонских, персидских, македонских и римских правителей, начиная с 747 года до нашей эры и до времени жизни самого Птолемея (от Набонассара до Антонина Пия). Этот перечень аккуратно дополнялся поздними переписчиками, а потому оказался ценнейшим хронологическим источником, высокую достоверность которого удалось проверить уже современными астрономическими вычислениями, которые подтвердили – описанные небесные явления по большей части действительно имели место в указанные даты.

В работе «Аналемма» описан геометрический метод построения проекции сферы на плоскость, упрощающий работу с гномоном и позволяющий, например, определять сферические координаты небесного тела, если известны его долгота, географическая широта места наблюдения и время суток. В другой работе под названием «Планисфера» Птолемей рассказывает о способе построения проекции сферы из

полюса на плоскость экватора, что необходимо при составлении географических карт, а также сильно облегчает некоторые астрономические вычисления. В данном случае под полюсом можно понимать любую удобную нам точку на сфере.

Как можно понять, Птолемей испытывал большой интерес к географии, и его фундаментальный труд «Географическое руководство», содержащий описание известной тогда части мира, пользовался не меньшей (на самом деле даже – большей) популярностью, чем «Альмагест». При этом собственно о различных регионах в этой книге сказано совсем немного (перечисляются названия земель, населяющие их племена, моря, острова, реки и горы), а основное внимание уделено проблемам составления картографических проекций, а также определению долготы и широты различных городов и других важных объектов. Весь населенный мир, то есть Ойкумену, Птолемей разместил на относительно небольшой части Земного шара, начиная от Канарских островов (острова Блаженных) и на  $180^\circ$  по долготе на восток, а также от  $63^\circ$  северной широты до  $16^\circ$  южной широты, причем в области экватора существование живых существ полагалось сомнительным из-за сильной жары. Для Средиземноморья приводятся координаты многих географических пунктов Европы, Африки и Азии, но если широта их была известна с приемлемой точностью (ее можно было определить по звездам или по Солнцу), то долгота определялась почти всегда с большой ошибкой, поскольку вычис-

лялась из расстояний, определяемых днями пути. Из-за этого Европа Птолемея получилась растянутой почти в полтора раза, причем Северный и Восточный ее регионы Птолемей представлял себе не очень хорошо. Центральная Африка описана плохо, об Индии имелись весьма смутные представления, а восточная Азия во многом выдумана на основе сказок и легенд. Скандинавию Птолемей считал островом, Балтийское море – частью Северного, Шри-Ланка у него не уступает по размерам Индии, а Южная Африка соединяется с Индокитаем, превращая Индийский океан во внутреннее море. Арабские и средневековые ученые исправили некоторые ошибки Птолемея, но многие фантастические факты из «Географического руководства» еще очень долго продолжали считаться непреложными истинами. Данный труд включал также и большой комплект тщательно вычерченных карт, однако до наших дней они не сохранились, и многократно воссоздавались заново по текстовым описаниям.

В небольшом труде «Фазы неподвижных звезд» Птолемей приводит прогноз погоды на каждый день года для пяти климатов (широтных зон) в зависимости от положения звезд на небе. В данном случае мы видим попытку связать астрономию с метеорологией, хотя в качестве фактов приводятся просто мнения разных мудрецов и народные приметы.

Более серьезной работой Птолемея в этом направлении является «Математический трактат в четырех книгах», более известный как «Четверокнижие» или «Тетрабиблос», яв-

ляющимся фундаментальным учебником по астрологии. В этом труде предмет рассматривается, сколь это было возможно, с философской точки зрения, а материал излагается максимально логично и стройно – в классическом евклидовом стиле. Птолемей приводит доводы в пользу возможности и полезности астрологических прогнозов, отвечает на критику скептиков, объясняет «механизмы» влияния небесных светил на земные события. Отдельно рассматриваются методы предсказания глобальных мировых событий и составления индивидуальных гороскопов, а также способы вычисления благоприятных и неблагоприятных дат. Все это снабжено своим отдельным и глубоко проработанным математическим аппаратом, который необходимо применять уже после того, как будут определены положения Солнца, Луны и планет с помощью моделей из «Альмагеста». В IX веке «Четверокнижие» было переведено на арабский язык и сразу же завоевало такую популярность, что уже в XII веке появился латинский перевод, после чего Альберт Великий и Фома Аквинский интегрировали астрологию Птолемея в католичество. Вплоть до XVII века ее продолжали преподавать в европейских университетах, хотя к концу этого периода она уже обрела статус гуманитарной дисциплины.

Касательно трактата «Оптика» нами уже было многое сказано в своем месте. Здесь же мы вкратце упомянем лишь, что Птолемей исходит из неверных постулатов о природе зрения (кроме утверждения насчет прямолинейности световых

лучей), но при этом строит геометрически верную теорию отражения и преломления в различных средах. Строгие выкладки подтверждаются различными экспериментами.

Немалый интерес представляет также работа «Три книги по гармонике», которая посвящена теории гармонии в музыке, и рассматривает взгляды различных греческих школ на математические интервалы между нотами. Цель Птолемея состоит в том, чтобы создать одновременно математически строгую и эстетически безупречную систему. Данную работу нельзя понимать как прикладную, поскольку греческая мысль искала и видела соразмерность не только в музыкальных звуках, но в первую очередь в небесных движениях, а еще в устройстве государства и в душах людей. Гармонический порядок является для Птолемея фундаментальным онтологическим явлением, понимание которого – есть основа всякого знания вообще.

Кроме всего перечисленного Птолемей написал множество малых текстов по философии, астрологии, механике и математике. Часть этих произведений сохранилась, часть известна лишь по отрывкам или описаниям. Многие для своих книг Птолемей, не скрывая, заимствовал у более ранних авторов, причем чаще всего прямо сообщал, что именно показалось ему недостаточно хорошим в старых текстах и почему потребовалось написать новые. В этом отношении Птолемей, безусловно, являлся одним из величайших уче-

ных за всю историю, объединяя в себе одновременно широкий кругозор, способность глубоко проникать в суть проблемы, острый ум, редкий систематизирующий талант, и немалую оригинальность мышления, позволяющую с высочайшим мастерством излагать сложнейший материал. В этом отношении его сочинения совершенно заслужено стали одним из величайших источников мудрости для многих поколений ученых Востока и Запада.

# Общий итог развития античной астрономии

Из множества известных нам античных авторов ни один не предположил, что небесные движения могут отличаться от комбинации равномерных круговых вращений. Замысловатые траектории Птолемея воспринимались сугубо как результат сложных построений и не имели прямого физического смысла. Введение экванта оказалось смелым и эффективным шагом, поскольку вместе с эксцентром он позволял достаточно хорошо моделировать реальную неравномерность движения Луны и планет, однако Птолемей не действовал последовательно и не захотел использовать эквант в модели для Солнца. Из-за этого положение Солнца определялось некорректно, что сказалось и на остальных моделях, поскольку все они были связаны.

Имелись и другие сомнительные моменты. В погоне за точным описанием очень сложного лунного движения Птолемей настолько усложнил модель, что расстояние между Землей и Луной в его теории стало изменяться вопиюще неправдоподобно. А модель Меркурия, для которой кроме деферента и эпицикла понадобилось ввести еще одно круговое движение, оказалась попросту неверна.

В последующие века астрономы добавили множество

усложнений систему «Альмагеста», дабы она как можно точнее соответствовала наблюдениям. Число эпициклов росло, явления спасались, но теория становилась настолько громоздкой, что теряла всякое смысловое содержание.

Все перечисленные проблемы были очевидны уже современникам, и философы не приняли теорию Птолемея, равно как и проистекающее из нее устройство мира. Безусловно, они признавали, что «Альмагест» позволяет рассчитывать положение светил, однако это казалось важным лишь математикам. Натурфилософы продолжали опираться на базовые принципы метафизики, отказываясь принимать вычислительные ухищрения астрономов за истину. Система гомоцентрических сфер Евдокса-Каллиппа-Аристотеля по-прежнему оставалась базовой концепцией для многих мыслителей, которые рассуждали о мире в целом, не вдаваясь в частные вопросы космических явлений. Распространенной оказывалась ситуация, когда автор сперва подробно описывал противоречия различных теорий устройства мира, после чего прямо заявлял, что человеческий разум тут бессилён.

Впрочем, очень скоро Западная мысль надолго перестанет волноваться о подобных проблемах.

# ГЛАВА ВОСЕМНАДЦАТАЯ. НАЗАД В ПЕЩЕРУ

## Роль интеллектуала в античности

Наиболее важная мысль, которая, так или иначе, может быть, не совсем явно, но красной нитью проходила через все предшествующие главы, заключается в том, что никакой науки, в современном понимании этого слова, у греков (и шире – у людей рассмотренной эпохи) попросту не существовало. Различные практические навыки и умения существовали обособленно, довольствуясь теми знаниями, которые смогли накопить ремесленники в результате многих веков проб и ошибок. В обществе не имелось, да и не могло возникнуть, никакого запроса со стороны кузнецов, гончаров, каменщиков или корабелов на теоретическое осмысление их труда. Менее всего они ожидали, что философы смогут сообщить им что-либо по-настоящему полезное в их профессии. Винт Архимеда оказался одним из немногих исключений, тогда как все остальные его изобретения, равно как и механизмы Герона Александрийского, так и остались игрушками, поражающими воображение, но не востребованными за предела-

ми царских дворцов. Одновременно с этим всякие действительно необходимые закономерности (такие, например, как закон рычага либо же календарные приметы) были известны специалистам и без участия философов, пусть даже у простого народа и было никакого понимания данных явлений (у самих философов, впрочем, его тоже чаще всего не было). Действительно, люди, профессионально занимающиеся интеллектуальным трудом, при всем желании едва ли могли предложить ремесленникам хоть что-нибудь по-настоящему полезное. Даже относительно верные соотношения и правила, которые позволяли рассчитывать работу сложных механизмов, являлись фактической подгонкой спорных метафизических принципов под уже известные ремесленникам решения. Колоссальные архитектурные и ирригационные работы осуществлялись обычными рабочими, которые под руководством безвестных мастеров, легко справлялись с перемещением каменных глыб, откачкой воды и рытьем каналов. Некоторые философы и мыслители древности иногда выполняли административные функции в таких проектах, но применяли там лишь малую часть эллинской мудрости – в основном геометрию. Разумеется, землемерие являлось важнейшим умением для всех обществ того времени, но едва ли труд Евклида помог хоть кому-нибудь из тех мелких чиновников, кто решал споры за наделы между крестьянами Египта или Эллады. Профессиональный интеллектуальный труд существовал в первую очередь сам для себя, формируя

культурную среду, но никак не более того.

Сама же философия возникла как практический инструмент социальной борьбы, но не успела возвыситься даже над границами греческого полиса, поскольку стремительно меняющийся мир Средиземноморских империй поглотил ее и пресек всякое развитие различных взглядов на мир. Критерием успеха для любого философа стало число последователей и благосклонность богатого покровителя, но никак не проверка его мыслей практикой (пусть даже и политической). В такой ситуации полной оторванности от материального мира даже настоящие научные успехи оборачивались, по сути, тормозом на пути дальнейшего развития.

# **Геометрия как инструмент познания мира**

Главным примером такой трагической эффективности является геометрия, в которой эллины действительно сумели продвинуться невероятно далеко. Все образованные современники понимали, что труды Евклида, Архимеда или Аполлония содержат множество истин, которые легко (на самом деле – совсем нелегко) постигаются логически, но при желании могут быть даже проверены на практике. Влияние математики на всю дальнейшую философскую мысль оказалось огромным. На самом деле в то время люди вообще не знали никаких других надежных способов получать какие-то верные знания о мире, кроме разве что эмпирического метода проб и ошибок, результативность которого не была гарантирована ничем, кроме упорства и надежды. Греческая геометрия, напротив, предлагала вполне рациональный подход: принять несколько самоочевидных аксиом и с помощью дедукции получить множество новых теорем, которые иной раз смогут принести и некоторую реальную пользу. В общем случае данный метод является полностью абстрактным, но если аксиомы хорошо согласуются с тем, что мы наблюдаем на опыте, то и полученные теоремы, очевидно, будут применимы к действительности. В этом смысле не нужно удив-

латься желанию людей использовать математический дедуктивный метод, чтобы узнать об этом мире еще что-нибудь, кроме соотношений для площадей фигур и объемов тел.

Проблемы начались сразу же – каждый мыслитель полагал самоочевидными какие-то свои, близкие только ему положения, – но сомнению подвергался не сам «безупречный» метод, а лишь авторитет конкретного философа, либо его способность строить логические построения. В результате почти каждый более ли менее выдающийся мыслитель стал автором своего оригинального учения, причем по-настоящему верные соображения об устройстве Вселенной появлялись там чаще всего случайно. Особенно бессильной дедукция оказалась в области естественнонаучных исследований. В самом деле, физическая аргументация Аристотеля зачастую выглядит как неудачная пародия на математическое доказательство – он не всегда понимает, что и как именно требуется обосновать, но всеми силами старается придать рассуждениям форму геометрической теоремы. Сочинение Архимеда «О плавающих телах» также изложено в полном соответствии со стилем евклидовых «Начал» (равно как и «Оптика» самого Евклида), однако Архимед был достаточно умен, чтобы выбрать подходящий набор аксиом. Кроме того, он, судя по всему, заранее знал, к чему необходимо прийти в рассуждениях, поскольку предварительно определил свои физические законы из опыта. Другие натурфилософы чаще всего не обладали ни гениальностью Архимеда, ни его талантом ме-

ханика, а потому все их рассуждения оказывались бесконечно далекими от практики. Впрочем, это никого не смущало. Полагалось, что подобно математикам, философы могут и должны постигать абсолютные истины с помощью одного лишь чистого разума. Даже астрономию по заветам Платона (который излагал взгляды Сократа) следовало изучать с применением общих построений, а всё, что происходит на небе, нужно оставить в стороне. Реальные явления можно было (при желании) спасти, подогнав их под «красивую» теорию.

Подобная точка зрения на способ постижения мира продержалась настолько долго, что ее и саму приходится признать во многом самоочевидной (но одновременно – неверной, что вовсе не является противоречием). Очень многие люди до сих пор искренне убеждены, что по любому вопросу – по какой кривой движется брошенный камень, какая скульптура красива, как должен поступать человек – существует вечная и точная истина, к которой можно прийти с помощью рассуждений. Даже нерелигиозные люди зачастую верят в то, что у любой моральной дилеммы есть некоторое вполне конкретное правильное решение, а все, кто с этим решением не согласен – либо глупцы, либо негодяи. Математика выступает серьезным подспорьем в философском обосновании подобной точки зрения. В самом деле, геометрия имеет дело с точными линиями и фигурами, но ни один воспринимаемый чувствами предмет не является безупречно круглым или абсолютно прямым. Самый точный циркуль и самая

ровная линейка всё равно не позволят нам добиться абсолютной точности. Этот факт свидетельствует в пользу того, что размышление имеет дело с идеальными объектами, тогда как данный в ощущениях мир удручающе несовершенен. Следующий логичный шаг – заключить, что именно идеи сами по себе образуют настоящую реальность, тогда как материальный мир является лишь ее бледной тенью. Далее уже совсем нетрудно истолковать вечные совершенные объекты (например, числа или треугольники) как мысли Бога, который сам является геометром. Со времен Пифагора рационалистические религии (выступающие альтернативой религиям откровения) всегда получали поддержку от чистой математики, а их важной частью нередко выступали различные вычислительные практики (нумерология), в том числе работа с календарем или священными текстами.

Именно дуалистическое сочетание религиозного вдохновения и логической стройности отличает рациональную теологию Европы от почти чистого мистицизма Востока. Греческий орфизм по своей сути еще ничем не отличался от мистических азиатских ритуалов, однако вместе с Пифагором (а затем под влиянием Платона) в западную мысль пришла концепция истины, которая доступна лишь интеллекту, но не чувствам и не чистому вдохновению (просветлению). Схоластическая теология в своих высших формах тоже следовала стилю греческой геометрии. Изложение ньютоновских «Математических начал натуральной философии»

также целиком определено влиянием Евклида. В последнем случае, правда, есть и серьезное отличие: сами исходные аксиомы были получены Исааком Ньютоном путем индуктивной обработки богатого фактического материала, а успех его книги определялся тем, что читатели сравнивали предъявляемые результаты с известными явлениями природы. Лишь такой подход позволил геометрически и алгебраически выводить новые физические законы, поскольку сама по себе математика не является естественной наукой, а ее теоремы в общем случае ничего не говорят об окружающем нас мире. Однако даже вначале Нового времени об этом еще не знали, а Платон и пифагорейцы вовсе воспринимали числа и геометрические фигуры реальными физическими объектами (более реальными, чем окружающие нас предметы). Астрономия же, напротив, считалась частью чистой математики, поскольку состояла в основном из вычислений. Очень долго слова «математик», «астроном» и «астролог» являлись синонимами, поскольку не существовало иных задач, кроме составления гороскопов, где по-настоящему требовалось применять весь корпус известных человечеству геометрических знаний, тем более что почти во всех религиях или философских учениях полагалось, что движения звезд и дела людей управляются общими законами.

# Борьба греков за чистоту геометрии

Характерно, что успехи математики сдерживали дальнейшее развитие и самой математики тоже. Евклид не считал нужным включать учение о конических сечениях в свои «Начала», поскольку эта область геометрии не приближала человека к божественному. Полагалось, что все связанное с трехмерными телами находится ближе к нашему миру, чем к миру идей. Аристотель, писавший практически обо всем, нигде не упоминает конических сечений, хотя в то время они уже были достаточно хорошо изучены. Платон негативно отзывался о работах Архита и Менехма, которые удваивали куб с помощью специальных инструментов и механизмов, помогающих находить точки пересечения кривых высших порядков. Подобные решения не возвышают разум к вечным божественным идеям, но опускают его обратно к чувственным вещам и ремесленным орудиям, уничтожая тем самым всё то благо, которое способна дать людям геометрия. Конечно, даже друзья и ученики Платона, продолжали использовать новые инструменты при решении различных задач – это было как минимум интересно, в некоторой степени престижно, а иной раз даже могло принести некоторую пользу на практике, однако никто никогда не смешивал «чистую науку» и конические сечения.

Еще в большей степени это относилось непосредственно к самой механике, которую могли терпеть исключительно в абстрактной геометрической форме (желательно еще и с опорой на общие метафизические принципы), но никак не в виде прикладной дисциплины. Да, Платон и Аристотель пытались объяснять принципы работы отдельных приспособлений и даже предлагали для этого математические зависимости, но если бы этих философов попросили произвести расчеты реальных подъемных устройств или водяных колес, они бы, пожалуй, просто не поняли сути проблемы – для такой работы есть плотники. Правда в римские времена Александрийский Музей обучал и тех, кто хотел изучить механические науки для практических целей, но едва ли это были простые ремесленники, а скорее богатые люди, владеющие мастерскими по изготовлению различных машин, либо чиновники, желающие сделать карьеру на государственных строительных заказах.

Так или иначе, но Архимед, прославившийся созданием небесного глобуса на водяном приводе, а также уникальными грузоподъемными и военными машинами, написал всего лишь один труд непосредственно по практической механике. В остальных его работах нет ничего, что напрямую имеет прикладной характер (хотя многие математические и геометрические теоремы, разумеется, могут без особого труда быть использованы почти напрямую).

# Мистика. Религия. Скептицизм

Не нужно, впрочем, преувеличивать ограничивающую роль идеалистической философии, поскольку она сама испытывала серьезное давление со стороны традиционных мистических культов, равно как и от новых верований. Причем воздействие это происходило не только извне, но и изнутри. Научное познание мира требует отделения религиозных идей от самого процесса познания, но сделать это оказалось весьма непросто (в первую очередь потому, что греки просто не знали, куда нужно идти, и действовали вслепую). Досократики сумели сделать лишь несколько робких шагов в сторону косвенной науки: они наделили мир материальными причинами, но не смогли отказаться от одушевленной вселенной и богов. Лишь у атомистов можно встретить попытку полного отрицания религиозности, однако их учение, обладающее многими прогрессивными и даже преднаучными чертами, получило негативную оценку почти у всех, кто имел время и возможность заниматься интеллектуальной деятельностью. Нельзя при этом забывать, что основную массу населения Эллады, а затем и Рима составляли неграмотные рабы и свободные (но тоже неграмотные) земледельцы или мелкие ремесленники, да и среди богатой верхушки общества лишь немногие всерьез интересовались философией.

У Платона Творец описан в буквальном смысле персонафицированной личностью, желающей всемерного блага и порядка. Планеты в «Тимее» также названы божеествами, хотя тут, возможно, имеет место некоторая уступка традиционной религии (никто не желал для себя участи Сократа), красиво сочетаемая с учением об идеальных сущностях. Но даже там, где греки пытались обойтись без богов, в картине мироздания всё равно появлялись человеческие чувства: к материи применяются понятия справедливости, борьбы, любви или вражды, а сами законы природы понимались именно юридически, как установленные высшей властью, а не как выявленные на опыте принципы.

Если в восточных царствах и империях религия была важной частью повседневной жизни, а жрецы одновременно выполняли многие административные и хозяйственные функции, то мнения греков о своих богах были весьма разнообразны. Социально-экономическое развитие Эллады проходило столь быстро, что народное язычество (почти в каждом греческом городке и поселке жили прямые потомки Зевса или Посейдона) просто не успевало трансформироваться в подобие египетского или вавилонского культа. От моряков и путешественников греки узнавали, что народы Европы, Азии и Африки поклоняются великому множеству различных богов и богинь (едва ли у среднестатистического египетского крестьянина имелся доступ к подобной информации), и это не могло не вызвать вопросов. Часть эллинов,

не мудрствуя, решила, что в других землях просто называют олимпийцев иными именами: Артемиду – Бубастис, а Зевса – Тором. Другие греки предположили, что всё известное множество богов действительно существует, и нелишним будет обращаться за помощью к каждому из них. Жрецы из далеких стран предлагали новые необычные практики и обряды, некоторые из которых оказывались притягательными и становились популярными: так культы Диониса и Афродиты были заимствованы эллинами с Востока, а римляне начали поклоняться египетской Исиде, фригийской Кибеле и персидскому Митре.

Одновременно с этим языческие верования начали восприниматься всё более аллегорически. Для многих эллинов становилась очевидной деревенская скабрёзность, простоватость и фантастичность бесчисленных историй о похождениях богов и героев, однако было психологически трудно признать, будто бы верования и традиции предков являли собой собрание баек и нелепиц. В связи с этим крепла убежденность, что древние авторы намерено (либо из предосторожности) скрыли в мифологических текстах сокровища великой мудрости, и теперь нужно лишь отыскать ключ к их верному пониманию. Поскольку греческие мифы весьма разнообразны и метафоричны, то при большом желании и фантазии отыскать там удавалось все, что угодно.

С другой стороны нередко были слышны и голоса скептиков, открыто отрицающих реальность сверхъестественных

существ и критикующих массовую веру в знамения (например, в то, что затмения предвещают неудачу) и всевозможные гадания (по звездам, полетам птиц или внутренностям животных). Говорить подобные вещи вслух было относительно безопасно: хотя Анаксагора и Сократа обвинили в безбожии, но осудили в первую очередь по политическим мотивам, а не за их личные убеждения, которые лишь послужили удобным предлогом. Кроме того – в разных полисах и в разное время правителях обстановка отличалась. В любом случае, известно, что Демокрит не подвергался никаким преследованиям за то, что обучал других мыслить в естественнонаучных категориях. Поселившийся в Афинах Эпикур, плохо разобрался в атомистической физике и математике, но из этических соображений открыто использовал взгляды Демокрита как противоядие от религии. Сад Эпикура привлекал многих людей и пользовался покровительством богачей, которые, очевидно, не считали, что приверженность атомизму может испортить им репутацию: за пределами последователей атомизм и связанный с ним материализм просто никого не волновал. Латинская поэма Лукреция «О природе вещей», в которой изложены воззрения Демокрита и Эпикура на устройство мира, чудом сохранилась в монастырских библиотеках, и стала известна Западу в 1417 году, когда ее открыли вновь. Лукрецием вдохновлялись Макиавелли, Мор, Шекспир, Монтень, Гассенди, Ньютон, Мольер, Джефферсон и многие другие выдающиеся мыслители,

однако в момент создания этот текст не вызвал чрезмерного интереса и, судя по всему, копировался в основном за литературные, а не философские достоинства.

# Греческая наука и христианство

На самом деле язычники чаще всего мало заботились о религиозных взглядах других людей, если те вели себя благочестиво и не пытались проповедовать публично, отвращая молодежь от веры предков. Поэмы Гомера и Гесиода всегда воспринимались как литературные произведения (пусть даже в них и могла быть сокрыта мудрость древних) и никогда не имели статуса «откровения» подобно Библии или Корану. Олимпийская религия вдохновляла множество поэтов и художников, а жрецы выдумывали красочные ритуалы, но язычество не дало миру ни одного теолога. Когда же философы брались размышлять о богах, то сразу же далеко уходили в своих рассуждениях от собственно классического язычества. Платон полагал религию удобным политическим инструментом и требовал приговаривать каждого атеиста из простонародья к пяти годам одиночного заключения, а затем – если виновный не раскается, – к смертной казни. При этом в текстах самого Платона, который был знатным и богатым аристократом, мы встретим очень мало от классического олимпийского канона.

При дворах эллинистических царей свободомыслие не поощрялось, но и особого религиозного рвения не требовали: оно подменялось преданностью и лестью. И если в Перга-

ме не допускалось подвергать сомнению абсолютную истинность «Илиады» и «Одиссеи», то в Александрии (где Птолеми, очевидно, были абсолютно уверены в непоколебимости своего величия) разрешалась серьезная литературная критика классических поэм. С другой стороны ни у кого из ученых Эллинистической эпохи мы не встретим прямого интереса к религиозным вопросам, и это никак не наказывалось. Гиппарх и Птолемей совершенно свободно писали о движениях планет так, будто изучают просто обыкновенные физические объекты, а не движущихся по небу богов.

Языческий Рим также мало вмешивался в работу греческих философов. Все религии и взгляды считались одинаково полезными, а от подданных требовалось лишь формально поддерживать официальную государственную религию. Христианство осуждалось не за веру в Иегову или Иисуса, но потому, что его последователи отказывались публично признавать божественный статус императора (по сути это было актом государственной измены). Если же христианин все-таки соглашался принести символическую жертву на алтарь римских богов, то всякие претензии со стороны властей чаще всего исчезали (но сразу же возникали претензии со стороны ревностных собратьев по вере).

Как бы то ни было, но гонения не смогли остановить (а, быть может, даже способствовали) стремительного распространения христианства по всему римскому Средиземноморью во II и III веках. Экономическая жизнь Империи все

больше концентрировалась в восточной и африканской части, поэтому после переноса столицы в Константинополь политическое устройство государства окончательно утратило республиканские формы, трансформировавшись в азиатскую деспотию. Стране потребовалась централизованная государственная религия, и монотеизм как нельзя лучше соответствовал чаяниям басилевсов утвердить и обосновать свою единоличную власть. Церковные иерархи пошли навстречу имперским амбициям, и в 313 году Константин I признал христианство законным, а в 380 году Феодосий I сделал его единственным разрешенным вероисповеданием в Империи.

За эти годы греческая ученость потеряла свои былые позиции, и стала подвергаться множеству нападок со стороны христианских деятелей. Один из отцов Церкви карфагенянин Тертуллиан прямо спрашивал, какое отношение Афины имеют к Иерусалиму, а Академия – к Церкви. Здесь, однако, не нужно впадать в излишний критицизм и обвинять христианство в том, что оно якобы остановило развитие античной науки. Такая позиция окажется чрезмерным упрощением и по сути ничего не объяснит. В самом деле, для Рима, который многие века соседствовал с Великой Грецией (колонизированной эллинами Южной Италией), было естественно в культурном плане ориентироваться на Афины и Александрию, где правили Птолемеи – потомки одного из полководцев Александра Великого. Но для обособившейся Визан-

тии классическая культура Эллады была во многом чуждой. Равно как и Александрийский Музей имел мало отношения к Египту, жизнь которого мало изменилась со времен фараонов, да и к самой Александрии, которую населяли представители самых различных народов.

Также нельзя забывать, что христианство с самого начала являлось массовой религией, ориентированной на все слои населения, а значит – в основном на простой народ, рабов и женщин (последних часто вовсе не допускали к обрядам других древних верований), которые редко интересовались греческой мудростью. Апостол Павел предостерегал своих последователей от увлечения философией и желания постигнуть мир не через Христа, однако нужно честно признать: мистическое созерцание и духовное сосредоточение являлись единственным доступным средствами постижения «истины» для суеверного и неграмотного населения той эпохи. Если же говорить об образованных людях, то биография такого человека, как Блаженный Августин, красноречиво говорит нам о том, как слабо увещевания апостола Павла действовали на тех, кто все же хотел получить знания не через Священное Писание. В молодости Августин (он родился и жил в Северной Африке) гордился своей греческой образованностью, вознося хвалу мудрости Платона и Аристотеля, однако позже разочаровался в них, ревностно обратился к христианству и в итоге был признан одним из Церкви. В произведениях Августина мы видим глубокое волнение из-

за конфликтов между учением Христа, языческой философией и другими религиями, множество приверженцев которых предлагали свои версии ответов на основополагающие вопросы бытия. В Средиземноморье продолжали рождаться талантливые люди, и античная ученость достаточно долго оставалась притягательной для всех, обладающих природной склонностью к интеллектуальной деятельности. Почти в каждом относительно крупном городе была школа, где обучали свободным искусствам и философии.

Другое дело, что ставшее официальным христианство открывало карьерные возможности для умных и способных юношей. Церковная карьера сулила немалые доходы, а кроме того священники не платили налоги и не подпадали под власть гражданских судов. Обучение свободным искусствам являлось подспорьем для занятия хорошей должности в Империи, однако постепенно многие административные функции стали перекладывать на Церковь. Тем более что ее служители часто знали грамоту и математику, а также риторику и астрономию – читать научные книги не запрещалось и даже поощрялось, зато политическое влияние архиепископа оказывалось куда большим, чем мог себе вообразить самый выдающийся геометр Музея или Академии. Древний мир еще не знал ничего подобного: обычно люди сами платили за изучение философии, но она приносила им мало пользы, являясь скорее очень дорогим досугом либо же, в лучшем случае, средством получить синекуры при дворе богатого по-

кровителя мудрости. Теперь же в буквально смысле стало возможно приобрести богатство и власть, занимаясь интеллектуальным трудом (разумеется, мастерство интриги и лести также являлось весьма полезным). Империя нуждалась в централизованной административной структуре, и связующим раствором для нее послужило христианство (отныне почти все внутренние политические конфликты между византийскими регионами либо отдельным классами государства станут носить характер религиозных расколов). Постепенно все больше талантливых людей в молодости стало выбирать именно церковную карьеру просто из практических соображений.

При этом греческая наука начала выдыхаться задолго до полного принятия христианства («Альмагест» был написан Клавдием Птолемеем в середине II века), поскольку в существующих условиях и так было сделано всё возможное. Общество не нуждалось в большей части накопленной мудрости, и удивительным нужно считать как раз то, как долго люди изучали и комментировали старые работы, пытаясь хоть как-то приспособить великие теоретические открытия древних к повседневным потребностям. В Музее продолжали трудиться и преподавать математики и астрономы. Так живший в IV веке Теон Александрийский написал комментарии к «Альмагесту», а также подготовил собственную редакцию «Начал» и, возможно «Катоптрики» Евклида, внося в текст ряд существенных улучшений. В работе Теону помо-

гала его дочь Гипатия, которая возглавляла неоплатоническую школу в Александрии, преподавала там философию и астрономию, а также писала комментарии к «Арифметике» Диофанта и к сочинению Аполлония о конических сечениях. Однако в 415 году по не совсем ясным причинам Гипатия была убита разъяренной толпой религиозных фанатиков.

# Гибель Гипатии

Насколько известно, Гипатия являлась неформальным лидером многочисленной языческой общины Александрии и активно участвовала в городской политике, поддерживая городского префекта Ореста. Последний хоть и крестился сам, но пытался не допустить столкновений между различными религиозными и национальными группировками, а также стремился крепко утвердить собственную власть при поддержке влиятельной части городской знати. Однако тут префект встретил непримиримого соперника в лице амбициозного патриарха Кирилла, опиравшегося на александрийских христиан. Желая добиться влияния в городе, Кирилл ввязался в суровую борьбу с церковными раскольниками и еврейской общиной, тогда как Орест встал на сторону обиженных патриархом людей. Поддерживающие Кирилла монахи-отшельники попытались поднять бунт и чуть не убили Ореста, за что один из них был публично замучен до смерти. Во всех этих конфликтах префект часто обращался за поддержкой к Гипатии, поскольку ее мудрость, авторитет и знакомства помогали влиять на бурную политическую жизнь египетской столицы.

Неудивительно поэтому, что в среде христиан неожиданно стали распространяться слухи о том, что Гипатия будто

бы занимается магией и специально своими чарами ссорит префекта с патриархом. Во время Великого поста в марте 415 года ватага беснующихся фанатиков подстерегла женщину на улице, вытащила ее из экипажа и буквально растерзала, а затем демонстративно сожгла останки, будто бы проводя очищение города.

На протяжении веков общественные волнения обычно не затрагивали жизни философов, которых уважали и считали фактически неприкасаемыми, поэтому жестокая расправа над Гипатией встревожило Александрийскую церковь, опасавшуюся больших волнений. Император Феодосий II направил своих советников для расследования данного убийства, однако доказать причастность патриарха не удалось (возможно, он действительно не давал никаких прямых указаний), хотя всеобщее мнение склонялось к тому, что убийство произошло по его приказу. Так или иначе, однако, власть Кирилла была официально ограничена в пользу префекта, однако многие простолюдины радовались избавлению Александрии от колдовства, а знатные горожане, опасаясь дальнейших погромов, отказалась от борьбы. Через некоторое время Кирилл вернул и даже упрочил былое влияние, а Орест отошел от активной политической деятельности.

# Языческая философия в христианской Империи

Впрочем, гибель Гипатии не прекратила античную философскую традицию, и неоплатонизм вместе с язычеством еще многие столетия сохранялись на территории Римской империи. В Александрии и других городах открывались новые школы и лекционные залы, а философы (в том числе и некоторые женщины) продолжали наблюдать за небом и писать комментарии к трудам древних авторов. Однако христианских священников теперь всё больше рассматривали как опасных и могущественных людей, настроенных против всякой учености и считающих интеллектуальное развитие ненужным и даже пагубным. В своих бесчисленных сочинениях они неутомимо доказывали бессилие разума и запрещали древние теории, несовместимые с концепцией о смирении. Все это приводило ко все большей обособленности философов, вынужденных отдельно защищать языческие истоки своих взглядов, из-за чего античная ученость лишь еще сильнее отделялась от христианства. Фигур уровня Евдокса, Евклида, Архимеда, Аполлония, Аристарха, Эратосфена, Герона, Гиппарха или Птолемея больше не появлялось, но греческая мысль все еще рождала свежие оригинальные идеи.

Так, живший в VI веке в Александрии христианин Иоанн Филопон вел обширную дискуссию со схолярхом афинской Академии перипатетиком и неоплатоником Симпликием. Общий спор шел о вопросе сотворения мира, однако ряд затронутых вопросов напрямую касался натурфилософии и физики. Филопон критиковал аристотелевскую концепцию естественных мест и считал возможным существование пустоты. Опираясь на тезис о том, что вечным является один лишь Бог, Филопон отказывался делить мир на подлунную и надлунную части, для которых характерны разные типы движений. Вся материя наделялась тяжестью, небесное вещество полагалось принципиально неотличимым от земного, эфир, как пятый элемент, отвергался.

Особенно важно, что полет брошенного камня (после прекращения контакта с рукой) Филопон объяснял не воздействием возмущенного воздуха, но тем, что рука при броске сообщает телу некоторую движущую силу, которая постепенно исчерпывается в процессе полета. Небесным телам же в момент сотворения была придана столь мощная движущая сила, что они перемещаются по небу до сих пор.

Теория вложенной движущей силы – импетуса, – которая расходуется в процессе движения, является промежуточной между механикой Аристотеля и современной нам физикой (основное различие между ними заключается в том, что ранее пытались объяснить лишь причины нарушения состояния покоя, тогда как теперь физика объясняет причины

изменения любой скорости, то есть ускорение). Поскольку богословские взгляды Филопона были осуждены и преданы анафеме, то и все остальные его труды игнорировались в течение многих столетий, и были заново открыты лишь в XIII веке, оказав большое влияние на арабских мыслителей, а через них на латинский Запад, деятелей Возрождения и Научной революции.

Философский соперник Филопона – Симпликий Киликийский прекратил свою преподавательскую деятельность в Академии, император Юстиниан закрыл ее в 529 году, оборвав более чем девятисотлетнюю историю этого учебного заведения. При этом сам Юстиниан был достаточно мудрым правителем: он вел успешные военные компании, вернул империи многие утраченные земли, а также провел грандиозную юридическую реформу, глубоко переработав римское право и введя новый свод законов. Симпликий вместе с несколькими другими академиками перебрался ко двору персидского царя, однако вскоре был вынужден вернуться обратно в Византию, которая хоть и просуществовала до 1453 года, но окончательно отказалась от античных традиций. Очаг старой греческой мудрости переместился в исламский мир (формально, он в основном остался там же, где и был ранее, ведь многие римские города стали мусульманскими, а частично перешел в соседние страны, где и ранее проявляли интерес к западной учености).

# Что было забыто на Западе, а что забыто не было

Впрочем, всё, сказанное выше может быть истолковано и понято совершенно неверно. Когда говорят о том, что к Тёмным векам человечество забыло или утеряло античную мудрость, то обычно не совсем верно расставляют акценты. В первую очередь вместе с падением Западной Империи произошёл экономический и социальный коллапс огромного региона, после чего латинский мир уже не мог позволить себе содержать большое число интеллектуалов, чей труд не приносит почти никакой материальной или социальной пользы. В раннефеодальной Европе не существовало правителя столь богатого и могущественного, чтобы он мог организовать нечто подобное Музею, равно как и не было такого числа свободных состоятельных людей, чтобы они могли отвлечься от военных дел и управления хозяйством, дабы обратиться в некоторое подобие Академии. При этом короли и герцоги все равно нередко держали при себе образованных советников, секретарей или астрологов. Лишь только Карл Великий сумел объединить под своей властью достаточно много земель, сразу началось знаменитое Каролингское Возрождение. Кроме того Римская Церковь как могла, пыталась сохранить доставшееся ей наследие: работали школы, в том

числе и для простых людей, а древние тексты переписывались и бережно хранились (хотя зачастую монахи не понимали смысла того, что копируют).

Если же говорить о восточных и африканских землях, то в тех регионах, которые не захотели принимать византийский стиль управления, а выбрали альтернативный путь ислама, греческая и латинская мудрость пользовалась большим уважением. Арабские мыслители развивали и дополняли античную философию, а также искусно вплетали ее в мусульманскую теологию.

Но есть и еще один момент, который часто упускают из виду. Из всей античной учености древние люди полагали самой важной совсем не ту часть, которую сегодня решили бы сохранять мы. Сочинения по математике, механике или астрономии, равно как трактаты о животных и растениях или о медицине не считались особо важными по сравнению с метафизическими и теологическими текстами. Образованные греки, а затем римляне и их средневековые наследники очень хорошо понимали – чем именно их культура отличается от любой другой. Они иначе думали, иначе рассуждали, иначе работали со словами, а потому приходили к новым, нетривиальным выводам о мире (и о самих себе). Некоторые из этих выводов могли касаться движения планет или отношения площадей фигур, но всё это – лишь частности, а главное заключалось в самом способе мышления, то есть – в философии. И вот ее латинский Запад и Византия отнюдь не

забыли, но переняли в том самом виде, как она была сформирована и выхолощена в Академии и Музее.

# Базовые концепции античной мысли

Чтобы лучше понять, какой метод постижения мира сами древние считали «настоящей наукой» (если отвлечься от того факта, что словом «наука» тогда называли умения ремесленников), необходимо подробнее остановиться на двух концепциях, которые сформировали стержень всей западной мысли.

Во-первых, в отличие от других древних цивилизаций, эллины (здесь мы говорим не обо всех из них, а лишь о деятелях интеллектуального труда) отказались от мифологического символизма и от разбора частных примеров, начав оперировать абстрактными понятиями. Ещё в V веке до нашей эры греческая математика, подобно египетской или вавилонской, работала с конкретными числовыми и графическими задачами, но уже сразу после Платона и Аристотеля геометры широко использовала определения и аксиомы, выводя из них общие теоремы. Такая революционная (банальная с сегодняшней точки зрения) структура мышления возникла и сформировалась в процессе многочисленных софистических споров V-IV веков до нашей эры, когда социальные изменения греческого общества привели к демократизации политических структур полисов и дали возможность каждому гражданину отстаивать свои интересы. Различные – зача-

стью взаимоисключающие – точки зрения сталкивались публично (на площадях, в городских советах или судах) и оценивались слушателями с позиции разумности и убедительности (ситуация вобщем-то немислимая почти нигде в мире до начала Нового времени). Эллинам пришлось научиться аргументированно взаимодействовать в пространстве устного спора, находить общие, понятные всем основания для начала рассуждения, формулировать определения, строить четкое доказательство, делать выводы. Считается, что Сократ первым стал искать общие определения, охватывающие и однозначно их характеризующие сразу целые группы объектов, однако, очевидно, что он лишь первым сформулировал саму задачу, а насущная необходимость в ее решении была уже понятна многим. Отсюда, собственно, и проистекла популярность самого Сократа, который говорил именно то, что хотели слышать одни, и совершенно не желали – другие.

Второй и фактически центральной концепцией греческого, а затем всего христианского мышления является представление о цепи бытия (или лестницы), соединяющей небо и землю. Сам по себе такой образ возник еще в глубокой древности и многократно повторялся в мифах, сказках и эпических поэмах. Каждая ступень такой лестницы (или каждое звено цепи) понималась как очередной уровень реальности или уровень организации бытия. Цепь мыслилась линейной, но одновременно могла и ветвиться, подобно пе-

ревернутому дереву, приводя в результате от единой небесной сущности ко множеству материальных земных объектов. С самого начала своей истории человек использовал подобные цепи для обозначения соотношений объектов или социальных рангов. Когда известный мир становился больше, появлялись новые всё более общие или наоборот – более частные понятия, и цепь удлинялась. Получающиеся таким образом группы по степени общности образуют ступени более высокого уровня, и так далее – к идеям всё более высоких уровней, вплоть до последней единой Идеи. Познать что-либо, означало определить его точное место на лестнице бытия.

Платон потратил немало сил, чтобы разработать метод соединения объектов согласно их свойствам. Знаменитая метафора о тенях на стенах пещеры как раз и говорит о том, что воспринимаемый нами мир является лишь отражением идеального, и потому – более реального, мира, расположенного выше нашего. Последователи Платона поняли его систему как иерархию идей: некий свет идеального мира излучает идеи высокого уровня, от которых отражается следующий уровень идей, и так далее. На каждом этапе объекты множатся, причем при каждом отражении теряется часть идеальности (общности, абстрактности), зато появляются отдельные детали (по схеме «животное → кошка → конкретная рыжая кошка с полосками»). На какой-то из ступеней этой лестницы (не обязательно самой низшей, хотя часто подразумева-

лось именно это) и находится наш мир.

У многих других – негреческих – культур часто имелись представления о некоем ином мире, но никакая другая цивилизация не была так озабочена рациональным выстраиванием отношений между многочисленными принципиально различными уровнями реальности. Платон создал целый философский язык для того, чтобы рассуждать об этом, и дальнейшее развитие западной мысли пошло по пути установления порядка различных звеньев цепи бытия: единого и многого, истины и лжи, тождественного и иного. Для решения данной проблемы создавались различные познавательные средства, одним из которых (хоть и появившимся весьма поздно, когда были перебраны практически все иные варианты) оказалась современная наука.

Таким образом, представление о ступенях или уровнях бытия являлось исходной интуитивной концепцией для всех последователей Платона, влияние идей которого, напомним, было колоссальным. Во многом эту концепцию полностью перенял и Аристотель, организовавший крупные разделы живого мира в цепь по мере совершенства их организации, а также выделивший растительную (питающую), животную (чувствующую) и человеческую (разумную) души. Учение о лестнице таксонов и душ оставалась чрезвычайно распространенной вплоть до XVIII века, позволяя конструировать спекулятивные морфологические системы.

# **Разница между Платоном и Аристотелем для людей прошлого. Метод познания**

Если исходить из описанных выше позиций (а не из современных нам взглядов на мир), окажется весьма непросто указать на принципиальные отличия взглядов Платона и его ученика Аристотеля, хотя, разумеется, в любом серьезном философском труде этому аспекту будет уделено немало места. На самом деле разница действительно велика, и с некоторых точек зрения – принципиальна, однако в самых общих чертах можно утверждать, что ее нет вовсе. Это считалось общим местом даже в средние века. Аристотелизм является просто упорядоченным, систематизированным и, что важно, логически развитым платонизмом. Конечно, сильно упрощая, можно указать на то, что для Платона наибольшей реальностью обладали самые высокие уровни бытия – идеи, – а по мере движения вниз к миру индивидуальных вещей, всё становилось призрачно и иллюзорно. У Аристотеля же, напротив, все идеи (формы) воплощены в конкретных материальных вещах, хотя иерархия выстраивается сходным образом вверх вплоть до Перводвигателя. Иными словами: Платон помещал истинную Реальность на верхнюю ступень

лестницы бытия, а Аристотель – на нижнюю (тут сразу нужно оговориться, что с современной материалистической точки зрения реальные вещи Аристотеля были по сути идеальными). Для Аристотеля кошачья исчезнет, если на Земле не останется ни одной кошки, тогда как у Платона кошачья существует вечно и не зависит от наличия на планете хоть одного представителя данного вида. По крайней мере, такое понимание восходит к Порфирию, который говорил, что у Платона роды и виды существуют независимо от тел. Таким образом, различие Платона и Аристотеля основывается на вопросе, который сегодня звучит так: существует ли система таксономических категорий без экземпляров, или она возникает лишь в связи с экземплярами. На данном различии акцентировали внимание еще в древности, хотя очень может быть, что обоим упомянутым философам этот момент не казался настолько значащим, как его стали воспринимать впоследствии. Разумеется, все сказанное является лишь одним из возможных взглядов на проблему (безусловно, достаточно узким), но сейчас мы пытаемся разобраться лишь в том, каким образом осуществлялось познание объективного мира и не углубляемся непосредственно в метафизику.

Самое важное, а, возможно, и единственное значимое для наших целей, отличие платонизма от аристотелизма заключается в том, как рассуждал Аристотель. Он оказывался признавать редуцируемую сложность структуры мира. Любое изменение вещи совершается строго в соответствии с

ее природой (физикой) и является актуализацией ее потенции. Причем любое развитие объекта не составляется как сумма актуализации его отдельных частей, но – актуализацией общей формы. Поскольку потенция формы не сводится к сумме потенций отдельных частей, то ее нельзя вывести или объяснить исходя из каких-либо общих принципов, но можно постичь лишь эмпирически. Хотя, полностью отойти от первопринципов Аристотель все же не смог и выделил целых три из них. Во-первых, существуют элементарные начала (силы) такие как тепло и холод или сухость и влажность; во-вторых, природа всегда выбирает лучшее из возможного (то есть действует телеологически, заранее понимая, куда стремится); а, в-третьих, к началу рассуждения следует переходить, давая определения. Вполне ясно, что эти тезисы в любом случае способны выступать лишь подсказками и ориентирами, но не могут привести к новым выводам без привлечения дополнительных данных из опыта.

По этой причине объяснения Аристотеля не всегда строятся дедуктивно – сверху от Перводвигателя, – но начинаются в самых разных местах с наиболее подходящего определения, причем рассуждение может иной раз даже вернуться к началу и переопределить его. В самом деле, если мы полагаем, что целое не раскладывается на сумму частей, то нельзя опуститься от Единого к отдельным частям, не потеряв при этом что-то важное. В отличие от геометрии, где доказательства начинают от непреложных аксиом, в философии выдви-

гаются гипотезы, которые обосновываются в ходе дальнейшего рассуждения: выводятся различные следствия, и в случае возникновения противоречий становится понятно, что принятая гипотеза является ложной, в ином же случае мы полагаем ее обоснованной. Таким способом из неустойчивых начал можно строить вполне устойчивые суждения, приводящие к истине. Данный метод был разработан как раз Платоном, однако в дальнейшем платонизм сразу же пошел по пути строго выведения низших начал из Единого: при спуске по лестнице бытия на каждой ступени определялось, в каком направлении находится искомый объект, и выбиралось дальнейшее направление движения вниз, пока предмет исследования не будет обнаружен. Собственно сам дедуктивный (и сугубо рациональный) путь от Единого к интересующем нас объекту уже содержит в себе всё, что необходимо о нем знать.

Аристотель сделал одновременно шаг назад и шаг вперед по отношению к методу своего учителя: полагалось, что начала нельзя вывести сами из себя (логическая ошибка доказательства по кругу), но, напротив, для каждой области знания нужно отыскать такие истинные начала, которые могут послужить отправной точкой для дальнейших рассуждений. Как обнаружить эту исходную точку – отдельный вопрос. Никакой точной инструкции не давалось, сам подход нигде не сформулирован, и единой методики не прослеживается. Поиск начала рассуждения осуществляется Аристотелем по-

что произвольно: иногда он начинает с фактов, иногда с первопринципов, иногда с мнений, лишь по возможности фокусируя внимание на отношении формы и материи. В случае надобности достраивается идеальная иерархия сверху вниз, но это делается далеко не всегда. Обобщить процесс невозможно, это искусство. Мир конкретных вещей увлеченного природой Аристотеля сложен и переполнен случайностями, поэтому жестко заданные наперед схемы мышления тут не работают. Очень важно выбрать правильную исходную точку – нужную ступень лестницы бытия, – чтобы в каждом случае рассуждение позволило постепенно прояснить собственные основания и верно понять исследуемую область. Если платоники всегда шли от неких первых положений (начал) к их производным вплоть до отдельных объектов, то Аристотель начинал с конкретных вещей и мнений, а к началам приходил лишь в конце исследования.

С современной точки зрения это весьма сомнительный способ: хаотично блуждать между различными точками зрения, выстраивая необходимый ответ из их опровержения. Такой метод может работать лишь в случае, если мы хотим убедить слушателей и читателей в том, превосходим мудростью других экспертов, но едва ли поможет нам узнать об окружающем мире ничего нового. Однако, в действительности, почти все по-настоящему значащие открытия Аристотеля как раз и были получены им эмпирически, либо же узнаны из опыта других людей. На этом энциклопедическом

фундаменте затем была воздвигнута грандиозная спекулятивная конструкция, почти целиком состоящая из неверных суждений об устройстве мира. Впрочем, выглядело все достаточно убедительно, почти математически.

Здесь важно остановиться на том, как Аристотель (а также многие его современники, равно – и многие наши современники) представлял себе процесс познания. Он полагал, что основой истины является окружающая нас действительность (Платон назначал на эту роль высшую Идею), в которой по определению не может содержаться лжи. Наше восприятие также не ошибается и, вообще говоря, дает нам истинную картину мира (для Платона познать истину способен мудрый разум философа). Также мы от рождения способны правильно мыслить, ведь разум и существует для этой цели (тут речь, безусловно, идет о достойных благородных эллинах, а не всех людях вообще). Возможность ошибиться подстерегает нас лишь на этапе создания понятий и оперирования с ними, поэтому Аристотель и создал логику – инструмент для точной работы с понятиями. Все другие этапы психической познавательной деятельности считались не нуждающимися в дополнительных инструментах и даже в особом изучении – с ними всё и так было в порядке. Данная точка зрения, подкрепленная фундаментальными книгами «Органона» дорого обошлась Западу, сковав его интеллектуальное развитие по всем остальным направлениям. Логику, как основное средство познания, стали использовать практически

езде, даже там, где она, как мы теперь понимаем, абсолютно непригодна.

При таком подходе действительно не нужно ставить специальные эксперименты для изучения движения брошенных тел, но достаточно просто узнать, что об этом говорили умные люди, а затем и самому понаблюдать, как летят и падают камни. Вся остальная информация о динамике движения может быть получена путем строгой логики, если, конечно, удастся выбрать верные основания для рассуждений. Поскольку спекулятивная механика Аристотеля получилась внутренне непротиворечивой (это не совсем так, хотя трудно сказать, насколько верно мы понимаем отдельные отрывки), то другого критерия истинности не требовалось. С другой стороны, там, где приходилось говорить о вещах, неизвестных из бытовых наблюдений (например, о внутреннем устройстве организма каракатицы или о развитии куриного эмбриона в яйце), Аристотель ставил эксперименты (его мастерство анатома поражает) и тщательно фиксировал увиденное. Однако затем, накопив достаточное количество исходных фактов, он начинал в буквальном смысле фантазировать и играть словами, пытаясь объяснять вещи, которых совершенно не понимал. Мнимая логическая стройность добавляла убедительности и внушала уважение, но реальных новых истин давала немного.

Сложно сказать, насколько натурфилософский метод Аристотеля хорош (он удручающе плох), но в естественно-

научном смысле он, безусловно, все же лучше платоновского. К сожалению, перипатетики очень быстро утратили умение выбирать подходящее начало рассуждения, и чаще всего либо вообще не понимали этого момента (в сохранившихся текстах Аристотель нигде не уделяет внимания данному вопросу), либо имели о нем крайне смутные представления. Очень быстро в метод Аристотеля ввели чёткий и всем понятный платонический прием – всегда идти от самого верха вниз; а еще позже силлогическая логика превратилась во вспомогательный инструмент, служащий введением в философию Платона (в том виде, как ее поняли и развили его последователи). Также от Аристотеля был взят удобный набор первооснов и вспомогательный фактологический материал. Дедуктивное геометрическое мышление оказалось намного проще, а в условиях отсутствия проверки практикой было почти неважно к каким конкретным выводам приходили философы.

В результате «правильный» (или скорее канонический) способ познания мира стал заключаться в том, чтобы представлять бытие в виде сложной иерархической структуры, подчиняющей себе все наблюдаемое разнообразие чувственных объектов. Имелась серьезная проблема – как определить, где именно заканчивается лестница идеальных понятий и начинается реальность, поскольку заниматься систематизацией можно бесконечно (по крайней мере, в воображении). В реальности чаще всего выбиралось простейшее

решение: самым нижним рангом назначался индивид, сверху мыслилось Единое, и между этими двумя звеньями фиксировалась цепь бытия. Так, в виде упорядоченного набора суждений понималась всякое познание, которое может приводить к истине. Все возможные ответы заведомо могут быть получены внутри этой системы вложенных идей, и необходимо лишь собрать из отдельных элементов верную последовательность доказательств от первооснов до искомого. Возможность существования нескольких различных решений одной задачи отвергалась, рассмотрение проблемы с различных позиций считалось ошибкой. Отрицалось и то, что сложность познания различных предметов может оказаться различной (имеется ввиду не техническая сложность доказательства ввиду его длинны, а принципиальная трудность рассуждения о некоторых вещах). По крайней мере, такой взгляд оказался наиболее распространенным среди тех, кто занимался интеллектуальной деятельностью.

Всё это чрезвычайно много говорит о том, как думающие люди той эпохи воспринимали окружающую их действительность: они предпочитали рассуждать вовсе не о ней, но о неких иных (лучших, идеальных) слоях реальности, поскольку действительность их не устраивала, но как-либо изменить ее они не могли. Античная мысль выдыхалась вместе с античностью.

# Судьба Аристотелева корпуса

Серьезной проблемой эллинистических, а затем и христианских мыслителей являлось еще и то, что они пытались возвести блистательную интеллектуальную конструкцию на очень слабом фундаменте. Грандиозные философские системы Платона и Аристотеля производили столь сильное впечатление, что заведомо полагались достойными тщательного изучения. Из старых текстов пытались извлечь существенно больше, чем туда вложили авторы. Выше мы уже говорили, что используемые, например, Аристотелем термины и понятия вовсе не имели «философского» оттенка, но брались прямо из разговорного языка («материя» – «строевой лес», «сущность» – «чтойность», «монархия» – «единовластие», «качество» – «какое», «энергия» – «действие») и зачастую понимались метафорически, хотя иногда, наоборот, буквально.

Далее, необходимо помнить, что Платон и Аристотель, вероятно, все же не считали свои тексты основополагающими и фундаментальными, но понимали их как простое изложение своей точки зрения или же представление одной из возможных позиций. Об этом есть даже прямые указания, которые попросту игнорировались почти всеми последователями.

И, наконец, самое важное пояснение: древнегреческие

философы вовсе не занимались тем, что позже многие века будут считать философией – они не пытались написать всеобъемлющий и непротиворечивый корпус трудов, исполненный непреложной евклидовой строгости (хотя и поспособствовали ее утверждению как эталона). Последователи древних мыслителей зачастую вообще плохо понимали, что именно те говорили, и что при этом имели в виду. Из-за этого новые авторы не занимались созданием оригинальных идей, но пытались воссоздать и прокомментировать чужие «великие» мысли, хотя начать с нуля, пожалуй, было бы куда целесообразнее. Другое дело, что оказавшись от старого фундамента, потребовалось бы создавать новый, а к этому не располагала ни обстановка, ни политические условия. Первые философы почти не имели предшественников и спорили со своими современниками, тогда как у новых уже имелся целый список авторитетов (тех самых старых философов), от влияния которых нельзя было просто отмахнуться. Любой желающий приобщиться к сокровищнице человеческих знаний без всяких сомнений принимался за изучение трудов своих предшественников. Предки определенно были не глупее нас (на то они и предки), а кроме размышлений для познания истины ничего и не требуется, поэтому, разумеется, следует ознакомиться с тем, что уже написали древние. С этим чаще всего имелись серьезные проблемы. И дело тут заключалось не только в том, что любой текст существовал лишь в нескольких рукописных экземплярах, библиотек бы-

ло немного, и доступ туда давался не каждому. Многие даже хорошо известные сочинения было вообще невозможно достать, даже если у желающего имелись средства и силы на поиски. Особенно характерна в этом смысле судьба *Corpus Aristotelicum*.

Большая часть известных нам текстов Аристотеля являются заметками, сделанными при подготовке к выступлениям в Ликее, либо же конспектами, записанными прямо со слов. Часть из них предназначалась для широкого круга слушателей, тогда как некоторые – для подготовленных учеников. Судя по всему, они не готовились для официальной публикации именно как завершённые книги. После смерти Аристотеля его библиотека перешла к Теофрасту, возглавившему школу перипатетиков после изгнания учителя. Сам Теофраст завещал книги своему ученику Нелею, который перевез их из Афин к себе на родину в город Скепсис, расположенный в Малой Азии. Потомки Нелея хранили рукописи недостаточно бережно, но, видимо, все же осознавали ценность доставшихся текстов, и поэтому спрятали их в подвале, дабы свитки не отобрали для Пергамской библиотеки.

Спустя двести лет уже в I веке до нашей эры богатый коллекционер Апелликон Теосский случайно узнал, где находится собрание сочинений Аристотеля, выкупил его у наследников Нелея и привез в Афины. Рукописи находились в плачевном состоянии, часть была утеряна, остальные сильно перепутаны – соотнести отдельные куски между собой и

достоверно разделить их по сочинениям не представлялось возможным. Тем не менее, Апелликон вернул Аристотеля в круг чтения образованных греков, хоть и издал его с многочисленными ошибками.

В 86 году до нашей эры Сулла захватил Афины, вырубил рощи в Академии и Ликее, а библиотеку Аристотеля перевез в Рим, где она попала в руки Андроника Родосского. Этот трудолюбивый философ отредактировал доставшиеся ему тексты, разложил их на отдельные книги, которые сгруппировал по тематикам. Написанное в разное время, в различном контексте оказалось достаточно грубо объединены воедино, при том, что полного представления о взглядах Аристотеля не сохранилось. Результат оказался наполнен противоречиями, многие из которых возникли исключительно в результате редакторских правок и ошибок. Все позднейшие попытки комментаторов сопоставлять сказанное Аристотелем рано или поздно приводили к казусам и недопониманию. Мало кто осознавал, что различные работы Аристотеля написаны с достаточно разных позиций и потому не могут выстроиться в единую логически стройную цепь. Также не совсем ясно, смог ли Андроник отделить сочинения самого Аристотеля от работ других перипатетиков (вероятно, их в Ликее тоже хранилось немало), но именно издание Андронника стало основой для всех последующих переизданий трудов Аристотеля.

Из сказанного становится понятно, что даже ближайшие

ученики Аристотеля уже не имели возможности обращаться ко многим оригинальным текстам учителя. Кое-что, безусловно, ходило по рукам и даже переписывалось, идеи распространялись, появлялись новые последователи, но точное знание о том, что же именно говорил Аристотель, утратилось почти сразу, а спустя века было восстановлено очень неточно. Даже через сорок лет после выхода издания Андроника римлянин Цицерон жаловался, что знаком лишь с небольшим числом книг Аристотеля.

Так или иначе, но переводы греческих философов на латынь постепенно появлялись, да и среди римлян находилось немало оригинальных авторов, которые в своих трактатах использовали эллинские наработки. Пытаясь приспособить греческую мудрость к родному языку, Цицерон создал термины, ставшие ключевыми для всей западной цивилизации, например, такие как «*individum*» (индивид), «*inductio*» (наведение), «*differentia*» (различие), «*propositio*» (предложение; большая посылка силлогизма), «*partitio*» (расчленение на части), «*disparatus*» (противоречащий), «*definitio*» (определение), «*qualitas*» (качество) и многие другие. Он же заменил Аристотелеву усию (οὐσία – сущность) на «*essentia*». Варианта «*essentia*» придерживались Сенека и Квинтилиан, но Апулей перевел сущность как «*substantia*». Боэций обозначил разные формы высказываний как «*propositio affirmativa, propositi negativa*» (утвердительное и отрицательное предложения) и «*hypotheticus*» (гипотетическое предложе-

ние). В результате возник язык, на котором будет рассуждать западная мысль, тот язык, на котором спустя полторы тысячи лет заговорит наука. Разумеется, при переводе на латынь пропали многие греческие смысловые оттенки, зато возникла римская строгость. Долгие века люди будут разбираться в эллинистическом наследии, используя чуждый для него язык. Результат окажется одновременно грандиозным и маловразумительным.

# Социально-экономический и политический кризис Римской Империи

В III веке Римскую Империю охватил кризис, который продлился почти столетие. После смерти Коммода – последнего императора из династии Антонинов – началась гражданская война 193-197 годов, победителем из которой вышел Септимий Север. Он и его потомки правили Римом до 235 года, опираясь исключительно на свои легионы, влияние которых неимоверно возросло. Постепенно армия осознала свою силу и начала убивать и свергать неугодных императоров, избирая новых за вознаграждение и подарки. В период между 235 и 268 годами было провозглашено двадцать девять императоров (в 238 году – целых шесть), но лишь один из них не был убит. Претенденты вели бесконечные гражданские войны, а для содержания своих армий вводили дополнительные налоги. Внутренние неурядицы усугублялись поражениями от готов и конфликтом с набиравшим силу Новоперсидским царством. То и дело вспыхивали мятежи. Грабежи мирного населения, разорения и мародерства стали обычным делом. Города пустели: граждане бежали отсюда, спасаясь от различных невзгод и непомерных поборов.

Сил для удержания обширных территорий стало не хватать, и римляне начали уходить из Дакии и Валахии, а их влияние на севере Чёрного моря сильно ослабло. К середине III столетия крупные военачальники уже официально управляли некоторыми провинций, претендуя одновременно и на императорский престол. Рим непрерывно страдал из-за военных столкновений между узурпаторами, а также – от набегов алеманнов, франков, саксов, маркоманов, готов, персов и других народов. Они разоряли побережье, проникали вглубь Италии и Испании, тревожили восточные рубежи, добиваясь даже уступок ряда территорий. На некоторое время от Империи отпала существенная часть Европы и ближневосточные владения вместе с Египтом. Благодаря эффективным военным реформам императора Галлиена и энергичным действиям его приемников к концу III века все-таки удалось остановить варварские вторжения и восстановить единство государство, однако экономике Империи был нанесен серьезный удар, от которого она уже не сможет оправиться.

Ранее, в I-III веках торговля в Римской империи процветала. Низкие пошлины, разумные законы, единая денежная система, безопасные моря, развитие промышленности – все способствовало стремительному росту экономики в Италии, Испании, Малой Азии, Сирии, Египте, Греции, северной Африке и черноморском побережье. Однако эта благодатная система оказалась крайне хрупкой. На самом деле западная часть Империи всегда оставалась достаточно бедной,

и городских жителей там было немного. Все величие Рима держалось на огромном населении, основная масса которого вела нищенский образ жизни и не знала благ цивилизации, поскольку не имела возможности покупать какие-либо товары. Технический прогресс в таких условиях был попросту невозможен, и основой промышленного производства являлись рабы, а не механизмы. Процент людей, занимающихся коммерцией был чрезвычайно низок, но при этом на Востоке активно закупались специи и шёлк для богатых землевладельцев и чиновников. Одна только торговля с Индией через Александрию достигала колоссальных объемов и с трудом поддавалась исчислению. С другой стороны восточные государства мало интересовались римскими товарами, поэтому недолговечные предметы роскоши безвозвратно обменивались на золото и серебро, которых и так не хватало для нормального функционирования денежной системы. Потери драгоценных металлов от этой торговли ежегодно превышали один процент от всего ВВП государства. Данная ситуация вызывала справедливое общественное порицание, к которому, разумеется, никто не прислушивался.

В своих колониях римляне в основном копировали итальянское хозяйство, заставляя рабов производить как можно больше наиболее прибыльных продуктов, чем лишь подрывали внутренние рынки. Это давало локальную краткосрочную прибыль отдельным влиятельным людям, но в перспективе не сулило ничего хорошего. Вместо того чтобы нала-

дить сбалансированную торговлю множеством разнообразных товаров между своими регионами, Империя получила переизбыток нескольких видов продукции и дефицит всего остального. В Северной Европе собирали богатые урожаи ржи и овса, а также делали много масла, но эти «варварские» продукты не пользовались спросом за пределами своего региона, хотя зерна там всегда не хватало.

С другой стороны богатство Рима всегда привлекало германцев и персов, для непрерывной борьбы с которыми приходилось чрезмерно увеличить армию, содержать которую со временем стало попросту невыгодно. Расходы казны росли, и для покрытия дефицита императоры начали повышать налоги и портить монету, что закономерно вызвало гиперинфляцию. Поскольку деньги в стране почти перестали иметь ценность, администрация на местах предпочитала собирать налог в виде натурального продукта. Все это особенно тяжело ударило по городам западной части империи, поскольку экономика государства постепенно становилась товарной и крупные ремесленные и культурные центры больше не могли себя содержать. Вместе с этими городами угасала и романская цивилизация.

Константин начал реформу денежной системы, в результате которой монета останется твердой, по крайней мере, до XI века, но даже такой шаг не исправил ситуацию, поскольку цены на многие продукты пытались регулировать законодательно. Таким способом хотели бороться с ростом цен на

продовольствие, но получили лишь дефицит еды в городах.

К III веку монетарная экономика Запада по сути уже рухнула. Императоры, вынужденные удовлетворять любые запросы армии, больше не могли собирать необходимый объем налогов деньгами, а потому начали отбирать продукцию у ремесленников, а также зерно и скот у фермеров. Легионам этого в любом случае не хватало, а социальный хаос усиливался еще сильнее. Горожане бросали всякое ремесло и бежали в сельскую местность, чтобы жить натуральным хозяйством вдали от всяких волнений. Торговля всё более сокращалась, многим регионам стало просто нечего предложить для обмена, но и сами они не нуждались ни в чем извне. В ответ власти стали запрещать свободным людям менять место жительства и работу. Детям предписывалось иметь ту же профессию, что и родителям. Этот шаг привел к тому, что горожане, не сумевшие или не захотевшие убежать из города в деревню, пытались как можно меньше взаимодействовать с имперской администрацией и объединялись в самодостаточные группы, члены которых поддерживали друг друга и целиком обеспечивали свои нужды. Возникал феодализм.

В VI веке наступило некоторое успокоение, но общеимперский рынок при этом почти перестал существовать. Упадок сельского хозяйства, ремесел, промышленности и торговли оказался настолько велик, что экономический (а, значит, и политический) сепаратизм в регионах лишь нарастал.

# Неоплатонизм. Плотин

Именно в это беспокойное время жил последний из крупных философов древности – Плотин. Он родился в Египте и обучался в Александрии, а затем присоединился к военной экспедиции Гордиана III в Месопотамию, чтобы больше узнать о религиях Востока. После того, как недовольные легионеры убили юного императора (обыденное событие того времени), Плотин перебрался в Рим, где открыл школу и стал успешно преподавать философию, заслужив уважение многих влиятельных людей.

В сочинениях Плотина не нашлось места историческим потрясениям, поскольку этот мыслитель предпочел созерцать не окружавшие его разорение и беды, а идеальный мир блага и красоты. Это стремление оказалось общим для большинства думающих людей того времени, поскольку действительность мало кому давала надежду на счастливую жизнь, которую хотелось обрести где-то ещё. Для христиан таким местом стало Царствие Небесное, а для язычников-платоников – мир вечных идей, который объявлялся истинной реальностью, в отличие от наблюдаемого нами несовершенства и бесконечной несправедливости, с которыми не хотел примиряться разум.

Плотин испытывал почтение ко всем древним философам

(кроме, разумеется, атомистов), но особо сильное влияние на него оказал Платон, а также в немалой степени – Аристотель, хотя учения двух этих мыслителей полагались фактически тождественными. Впрочем, от платонизма Плотин взял лишь некоторые отдельные аспекты, отбросив многое, в том числе и восхищение математикой. Современных ему стоиков он критиковал за материализм, эпикурейскую школу не принимал вовсе, а к суевериям, астрологии и разного рода магии относился скептически.

Центральное место в неоплатонической метафизике Плотина занимает учение о Троице: Едином, Разуме и Душе, которые являют собой первые три ступени иерархии бытия, простирающейся вниз вплоть до отдельных материальных объектов. Само Единое иногда называется Богом, а иногда – Благом. Оно нераздельно присуще всему и есть всё сущее, взятое в абсолютной единичности; оно выступает как перво-сущность, но не является мыслью или предметом; оно превосходит Бытие, поэтому нельзя называть Единое «всем», ведь оно превосходит «всё». Постигнуть Единое невозможно, никакие определения для него не подходят, а поэтому лучшим решением будет вовсе о нём не говорить. Само же Единое всегда остается постоянным, и, изливая себя, не теряет при этом своей полноты, но пытаясь познать непознаваемое (само себя), переходит в иную ипостась, которая отпадает от Единого и, продолжая пребывать с ним в общении, начинает отражать его. Так возникает Разум – исходящий от

Единого свет, с помощью которого оно видит само себя.

Отблеском Разума и его низшей эманацией является Душа, выступающая творцом всего видимого материального мир. Суть Души заключается в двойственности: одна ее часть стремится к Разуму, тогда как другая обращена вовне и в нисходящем движении порождает свой собственный образ, то есть окружающую нас природу. Благодаря этому мы способны познать Разум: для этого следует отрешиться от тела, от чувств, от земных желаний и даже от той части души, которая формирует наш организм, и тогда останется лишь богоподобная часть, которая и есть образ Разума в нас самих. Таким образом, во время исполненного вдохновением экстаза мы способны созерцать Разум, а через него и Единое.

Далее остается лишь один логический шаг до того, чтобы признать всё материальное злом, однако Плотин удерживается и не делает этого шага – для него видимый мир еще прекрасен, хоть и менее хорош, чем идеальный. Такая позиция требовала немалой интеллектуальной смелости, особенно если вспомнить обо всех военных и социальных потрясениях, которые тогда раздирали Рим. Последующие мыслители – и христиане, и язычники – уже не смогут отыскать в себе силы отрицать очевидное: для них окружающий мир полон зла. Религиозные учителя начнут воспевать грязь и уродство, а любую материальную красоту и связанные с ней наслаждения объявят идущими от Дьявола, желающего отвратить нас от высшей Истины. В этом смысле Плотину нетруд-

но было рационально объяснить акт творения, ведь в результате возникла наилучшая из возможных копия вечного мира. Христианам же, отвергнувшим красоту природы, потребовались многие века, дабы найти рациональное объяснение творению, однако их аргументы все равно оказались малоубедительными.

Описанная философская концепция открывала широкий простор для рассуждений о природе человеческой души и загробной жизни, о грехе и свободе воли, о суевериях и астрологии, а также о многом другом, что могли увидеть люди, глядя исключительно внутрь себя. Ведь внутри себя, мы созерцаем божественный Разум, что (если это действительно так), безусловно, является наивысшей ценностью и целью любого познания. В таком случае попросту отсутствуют причины обращать свой взор вовне на окружающее нас несовершенство. Субъективизм перестал быть просто одним из философских экспериментов и превратился в доктрину, убив всякую научную любознательность, включая даже и увлечение математикой, ведь по-настоящему важной считалась одна лишь добродетельная воля (тогда как в античности под добродетелью понимали скорее совершенствование всех возможностей человеческого ума). Лишь необходимость распространять свою веру заставляла христиан регулярно прикладывать хотя бы моральные усилия не ограниченные одним только самосовершенствованием. О том, чтобы понять физический мир или исправить человеческие

учреждения речи уже не шло – эти суетные заботы не могли уменьшить зло и не вели к Богу. Такое убеждение нашло себе крепкую опору в философии Плотина, которая была почти целиком воспринята христианством.

Угасающий античный мир уже не смог родить никакой позитивной интеллектуальной концепции: исполненный разочарования и отчаяния он фактически отказался почти от всех достижений своих великих мыслителей. С другой стороны, варварский мир получил в наследство такие моральные доктрины, которые смогли в перспективе обуздать его жестокую энергию, направив ее (хоть и не без огромного труда) в созидательное русло строительства средневековой Европы, для которой теология надолго станет единственным сохранившимся видом интеллектуальной деятельности. В описанных условиях могли развиваться лишь очень узкие интеллектуальные направления, связанные в первую очередь с тем, как получать истинное знание с помощью размышлений, то есть – обращаясь внутрь себя, к своему разуму.

# Бутылочное горлышко западной философии. Порфирий и Боэций

Идеи неоплатонизма легли на благодатную социальную почву, но их распространению так или иначе немало поспособствовал ученик Плотина по имени Порфирий, отредактировавший и издавший труды своего учителя, а также составивший комментарии к нескольким диалогам Платона, в том числе и к «Тимею». Известны также трактаты Порфирия по практической философии, где излагается учения о различных добродетелях (вообще, он был весьма плодовитым автором и писал на самые разные темы).

В отличие от учителя, Порфирий проявлял немалый интерес к математике, и потому составил жизнеописание Пифагора, написал комментарий к «Началам» Евклида, а также обширный комментарий к «Гармонике» Птолемея (куда включил цитаты из многих классических текстов, часть из которых, включая «О слышимых вещах» Аристотеля и «Деления канона» Евклида неизвестны по другим источникам). Одновременно с этим Порфирий защищал практическую мистику, астрологию и оракулов, пытаясь толковать изречения древних богов. Несмотря на то, что он писал полемические сочинения против христианства (император Феодосий II уничтожил все книги Порфирия, где критиковалось

несовместимое с неоплатонизмом учение о воплотившемся и страдавшем Боге) большое распространение получило его «Введение» к Органону Аристотеля. Трактат пользовался немалой известностью в греческой ученой среде, а после того как Боэций перевел его на понятную для всей Европы латынь, данный текст прочно занял место основного западного учебника логики. Несколько позже появились и арабские переводы, однако, если ислам сохранил и другие работы Аристотеля, то христианский мир по большей части ограничился тем, что узнал от Порфирия.

Во «Введениях» Порфирия излагалось учение об общих понятиях (универсалиях), и содержание этого труда во многом определило направление развития всей Западной мысли более чем на тысячелетие вперед. Конечно, частично это объясняется просто тем, что пришедшие на смену Риму варварские королевства не могли поддерживать развитую интеллектуальную жизнь, да и не нуждались в ней. Но и в тех очагах, где сохранялся тусклый огонь знания, любое философствование было возможным лишь на фундаменте наследия древних, которое как раз и ограничивалось строго очерченными Порфирием рамками. Для рождения и развития новых идей больше не существовало среды и условий, а к тому же Запад (римляне и варвары) не знал греческого и потому не мог читать другие классические работы. Границы установленных рамок оказались весьма тесными и позволяли разрабатывать лишь достаточно узкий круг вопросов, за-

то – разрабатывать их глубоко. Одним из самых важных таких вопросов как раз и были общие понятия, то есть универсалии.

# Философия становится формальной

Если логически рассмотреть любое содержательное высказывание, то в нем всегда можно выделить субъект – о ком или о чем идет речь; а также предикат – что именно утверждается о субъекте. Таким образом, предикат является свойством того, о чем говорят. Характеризуя типы предикатов (сказуемых), Аристотель разделил их на десять категорий (наивысших обобщений объективной реальности), то есть родов сущего:

1. субстанция (сущность);
2. количество;
3. качество (характеристика);
4. отношение (как связаны объекты);
5. пространство;
6. время;
7. состояние (ситуация);
8. обладание (внешнее обстоятельство);
9. действие (изменение субъектом другого объекта).
10. претерпевание (изменение субъекта другим объектом).

Иными словами, категории – это возможные схемы независимых высказываний о бытии. В любом суждении и субъект, и предикат должны принадлежать к какой-либо одной

категории, в противном же случае такое суждение окажется заведомо ложным. Отсюда понятно, что само учение о категориях выступает инструментом правильной аргументации, не допускающей подмены смыслов.

Наравне с категориями Аристотель выделил четыре типа предикабилей – способов, которыми могут быть связаны универсалии между собой, а позже Порфирий добавил к ним еще и пятый тип:

род, то есть вышестоящая ступень бытия (например, «живое существо», в случае если мы говорим о человеке);

вид, то есть ступень бытия на уровне суждения (например «человек» или «кошка», или «птица», если мы хотим выделить отдельную группу живых существ);

видовое отличие, то есть такое, которое отделяет данный вид от других из того же рода («наделен разумом» для человека, «имеет крылья и способно летать» для птицы – именно этот тип введен Порфирием);

собственное отличие, которое выводится из сущности (для человека это, например, способность шутить и говорить, а также ходить на двух ногах, то есть всякий признак, естественное отсутствие которого означает, что рассматриваемый объект не является человеком);

случайное отличие (для человека это, например: быть блондином или кареглазым, или же сидячее положение, или же состояние усталости, то есть всякий признак, отсутствие которого не приведет к тому, что объект перестает быть че-

ловеком).

Иными словами, Аристотель постарался создать лингвистический инструмент для формирования точных суждений (по большей части – систематизировал и чётко обозначил грамматику древнегреческого языка), но предложенная структура получилась обманчивой. С одной стороны она выглядела стройной и хорошо ложилась на рассматриваемые Аристотелем примеры, однако стоило лишь немного сменить область исследований (начать говорить о других предметах, явлениях или идеях) и красота системы тут же сменялась множеством сложностей, преодолеть которые почти никому не удалось. Ситуация усугублялась тем, что в философских работах речь обычно шла не о животных, растениях, посуде или мебели, но о высших метафизических материях (первоначалах, Боге, грехе, душе и тому подобных), суждения о которых при желании можно было классифицировать как угодно, либо же вовсе отказать им в праве на классификацию. Порфирий не до конца понял оригинальное учение о предикабиях (как мы уже знаем, причин этому могло быть очень много: от своеобразной древней терминологии до плохой сохранности рукописей), но его попытка пересказать Аристотеля определила судьбу развития всей западной логики.

После Порфирия европейская мысль безоговорочно выбрала путь формализма, отказавшись рассматривать содержательную часть высказываний и сосредоточившись исклю-

чительно на их структуре. В центре внимания оказалась операция вывода заключений, а основания суждений фактически исключались из рассмотрения. Собственно, это и есть аристотелева логика в ее классическом понимании, хотя сам Аристотель, пожалуй, пришел бы от нее в ужас. Конечно, с формальной точки зрения всё было сделано правильно, поскольку «Органон» по сути дела предписывает поступать именно так, однако за пределами сочинений по чистой логике сам Аристотель почти никогда не игнорировал содержание рассматриваемых вопросов. Другое дело, что перипатетики не получили от своего учителя надежной методики для дальнейшего развития его идей: в сохранившихся трудах говорилось о многом, но думать как их автор они не учили. Не совсем понятно, насколько вообще можно было собрать взгляды Аристотеля в единое непротиворечивое учение (ведь каждый раз он придумывал новый способ отыскать наилучший ответ на рассматриваемый вопрос), но для массового использования требовался некий универсальный метод поиска истины. Философские кружки превратились в учебные заведения, и приходящие туда люди желали получить пусть непростые, но четкие и однозначные ответы. В этом смысле наиболее очевидным решением было воспользоваться одним лишь «Органоном», восприняв его в отрыве от всего остального *Corpus Aristotelicum*. Стойки именно так и поступили, более того – именно они начали использовать сам термин «логика», тогда как Аристотель называл ее «ана-

литикой», то есть искусством разделения понятий (анализа).

Последователи Зенона вообще делили всю философию на физику, этику и логику, причем последняя включала в себя еще и науку о языке. Будучи материалистами и не признавая врожденных идей, стоики выводили все понятия из опыта, хотя и понимали несовершенство наших чувств. Реальными признавались лишь единичные вещи, а не общие понятия, что противоречило позициям Платона и Аристотеля. Постигание сущности Вселенной полагалось возможным, но лишь через разум, который способен прийти к достоверной истине, если использует логику. Иными словами, вспомогательный инструмент для правильной работы с понятиями превратился в основное средство познания, и такое повышение статуса потребовало введения педантичной строгости, которая отныне и стала главной отличительной чертой логики. Основанная на интуиции аналитика Аристотеля требовала учета содержания высказываний, а также четкого понимания границ рассуждения, причем зачастую она оказывалась почти бессильной при использовании менее гениальным человеком. После формализации аналитика превратилась в понятную любому неглупому человеку логику: набор четких правил, гарантирующих истинность результата. Безусловно, это воспринималось как прогресс.

Порфирий перенял эту стоическую традицию, распространив ее на всё, что взял непосредственно у Аристотеля, а после того, как Боэций написал «Комментарии к Введению

Порфирия», именно этот взгляд на античную логику стали преподавать в школах, а позже и в университетах Запада. В греческом мире существовало множество различных философий и теорий познания (равно как и идей о том, что вообще можно и нужно познавать), а также взглядов на то, какой бывает логика и зачем она нужна. Римский мир получил лишь трактовку Порфирия, которая хоть и оказалась достаточно удачной, но все же являлась одной из многих возможных. Она не была ни лучшей, ни даже выдающейся, но представляла собой именно то, что значилось в ее заглавии – Введение. Западная философская мысль вышла из античности, пройдя через крайне узкое бутылочное горлышко Порфирия-Боэция. Всё многообразие существовавших точек зрения оказалось утрачено, но куда страшнее оказалось иное – исчезло само понимание того, зачем людям требовались различные точки зрения. В новой раздираемой конфликтами христианской Европе не осталось места для множества различных учений: с большим трудом там удалось сохранить хотя бы одно.

Вся постимперская интеллектуальная жизнь Запада складывалась даже не из того, что было унаследовано от античности, а из того, что всё остальное оказалось утрачено. Никто не сомневался, что древние были мудры – доказательством тому были колоссальные старинные здания, прекрасные дороги и огромные мосты, – но масштаба их мудрости практически не представляли. Проблема была даже не в том,

что Аристотеля поняли неверно, а развитие античной философии прервалось. На деле никто не представлял, что у греков имелось что-то еще, кроме того, что сохранилось в латинских переводах и комментариях. Всё остальное ушло на Восток, затем в Персию, а после – в Халифат, а Европа сохранила «Тимея» и логику в трактовке неоплатоников Порфирия и Боэция. При этом на Востоке традиция неоплатонизма имела достаточно мощное развитие: начатая александрийцем Плотинем, она продолжилась в философских системах грека Порфирия, сирийца Ямвлиха и византийца Прокла Диадоха, однако Запад получил лишь некоторые результаты раннего греческого неоплатонизма. Даже христианские тексты несут глубокий отпечаток этих событий: отцы церкви чаще всего жили и писали в культурной среде, где были доступны все достижения античной культуры, но когда ситуация стала иной, богословы занялись в основном лишь интерпретацией Священного Писания и святых отцов.

# Реализм и номинализм

Еще один важный момент заключается в том, что Боэций, продолжая стоическую традицию, уменьшил число категорий до двух: субстанции и акциденции. Иными словами у вещи остались лишь сущность и свойства, которые включали в себя остальные девять категорий Аристотеля. Такое решение было понятным для стоиков, которые считали отдельные предметы основой реальности, но неоплатоники просто загнули себя в интеллектуальный тупик. В любой ситуации теперь имелась некая абстрактная «реальная вещь» со множеством признаков, которые и отличали ее от всех прочих вещей. Основным возможным логическим действием становилось деления понятий, а реальные объекты почти на тысячу лет практически выпали из рассмотрения западной мысли, ведь с ничего нельзя сделать интеллектуально (разумеется, ремесленники продолжали создавать материальные предметы, но они не писали книг и вообще редко знали грамоту). Фактически вещь, равно как и ее сущность, а значит и окружающая нас реальность, признавалась непознаваемым объектом, от которого нам доступны лишь некоторые свойства, по которым возможно разделить все объекты и указать на их место в общей структуре бытия.

Поскольку мысль отчаялась хоть что-нибудь сделать с ма-

териальным миром (у нее не имелось еще сил и средств хоть как-то изменить реальность), то был выбран иллюзорный путь обманчивого контроля – тотальная классификация всего сущего. Вполне оправданное решение для эпохи, когда любого человека можно было полностью описать, просто указав его место в социальной иерархии. Расставив всякие признаки на соответствующие ступени бытия, мы тем самым познаем Всеобщее (Единое, Бога, Перводвижитель) и будем знать всё возможное, не тратя лишних усилий на изучение чего-то конкретного. У такой концепции, по крайней мере, имелась вполне понятная конечная цель и программа действий. Тем более что мир большинства думающих людей теперь сократился до нескольких десятков миль, а история Европы буквально застыла на месте – в малом и неизменном пространстве действительно можно попробовать расставить всё по своим местам. Нужно лишь научиться делать это правильно.

С этого момента логическое искусство европейской цивилизации пошло по пути создания четких определений и дальнейшего деления понятий. Такой подход оказался крайне плодотворным для юристов, но бесполезен в плане развития естественных наук. Даже биологическая систематика не имела шансов на вменяемое развитие: создавалось множество травников и бестиариев, но их структура была даже не неверной – она была абсурдной, зависящей исключительно от фантазий и невежества автора, который при этом почти

всегда претендовал на абсолютную полноту и всеохватность. Животных разделяли для того, чтобы о них было интересно читать, а растения – по мнимым лечебным свойствам. Разумеется, в конце концов, этот путь приведет христианский мир в никуда, последует интеллектуальная реакция, и начнется период индукции, когда новые понятия станут создавать из ничего, но это произойдет еще очень нескоро. А пока Запад вслед за Боэцием учился работе с высказываниями.

При этом нельзя забывать, что формализовавшие логику стоики являлись номиналистами, и для них любые общие понятия (такие как «человек», «животное», «дерево», «цвет», «эмоция» и так далее) не являлись отдельными сущностями, но лишь именами (ярлыками), которыми в разговоре удобно обозначать отдельные объекты (конкретного человека по имени Сократ, конкретную рыжую кошку, вот эту самую пальму за окном, определенный оттенок красного, радость при встрече старого друга и тому подобное). Для неоплатоников же, напротив, общие понятия (универсалии) были более реальны, чем отдельные конкретные объекты, поэтому отточенные силлогизмы стали применять совсем не для того, для чего их с самого начала разрабатывали. Правда сами стоики также не смогли добиться больших успехов в построении научной картины мира с помощью одной лишь логики и достаточно быстро сместили центр своей философии с физики на этику, но они хотя бы ставили перед собой такую цель.

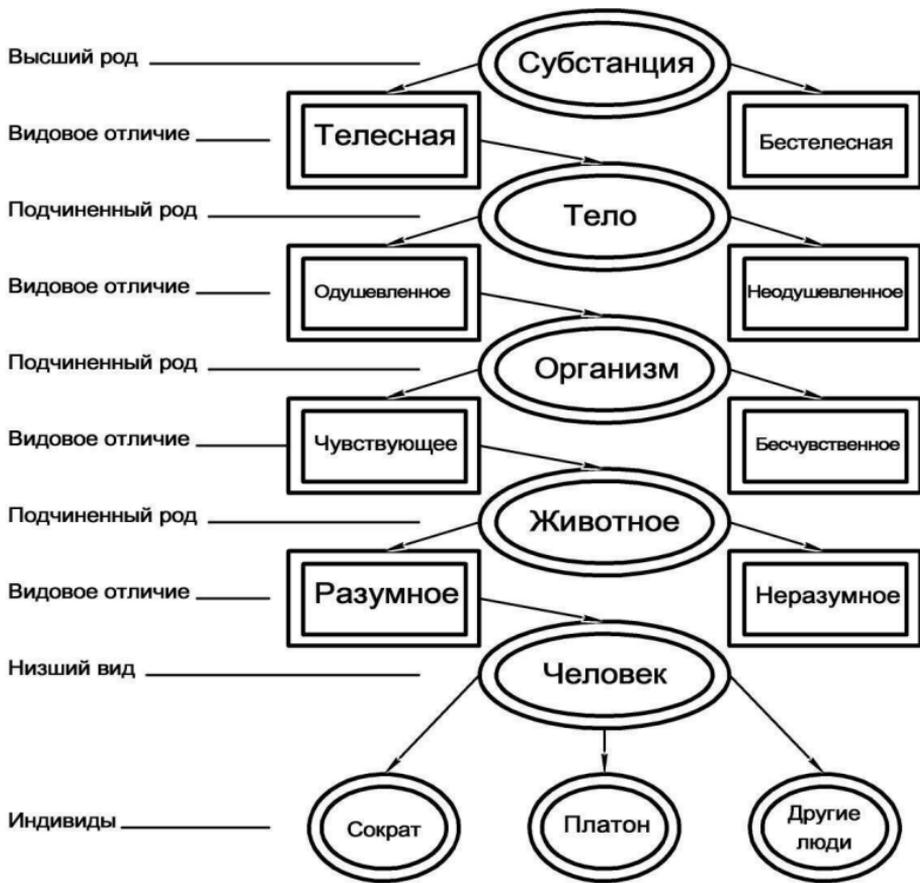
Платон и Аристотель, напротив, придерживались той точки зрения, что универсалии реальны (то есть являлись реалистами), однако понять их четкую позицию нелегко. Порфирий прямо писал, что не станет ее касаться трудной и почти неразрешимой проблемы универсалий. Теме не менее, через переводы и комментарии Боэция она вошла в средневековую философию, как один из основных вопросов. При этом не следует полагать, будто тут имело место исключительно пустословия о высоких материях. В самом деле, если, например, полагать, что слову «грех» соответствует некая реальная сущность, то можно и даже необходимо путем рассуждений и анализа определить основные свойства этой сущности, а также выделить отдельные её виды – конкретные греховные поступки. Иными словами, в такой ситуации мы сможем (если, конечно, не допустим логических ошибок в рассуждениях) точно определить априори недопустимые для людей действия.

# Дерево Порфирия

Тысячу лет Запад пребывал в убежденности, что знает всё необходимое, и пытался построить завершенное философское здание из нескольких полученных фрагментов. Работа шла сразу по многим направлениям – мистицизм, теология, римское право, риторика, – но скудность результатов определенно не устраивала самих европейцев. Наконец в середине средневековья они получили от арабов большинство текстов Аристотеля, причем сразу в виде полностью законченных и прокомментированных систем, сконструированных исламскими мыслителями. Эта новая мудрость чуть не раздавила хрупкие интеллектуальные конструкции христианского Запада, но ее все же удалось приспособить под уже существующие философские формы, расширив их физикой, биологией, медициной, математикой, семантикой и многим другим. Разумеется, это еще никак нельзя было называть наукой в хоть сколько-то современном понимании, поскольку почти все имеющиеся у европейцев знания за исключением грамматики, математики и астрономических наблюдений (а также связанных с ними дисциплин, наподобие теории музыки) представляли собой смесь суеверий, выдумок и невежества. Тут важно, что само единое философское здание все же смогло устоять, и тем самым лишь укрепило запад-

ную мысль в том убеждении, что рациональная система может и должна быть единственной, цельной, всеобъемлющей и непротиворечивой. Позже, когда вместе с Возрождением на Запад придут, наконец, и грандиозные восточные неоплатонические учения, они обретут многих последователей среди интеллектуалов-гуманистов и художников, но одновременно встретит жесткий отпор со стороны уже сформированной аристотелевской традиции. Именно борьба с неоплатоническим взглядом на мир (равно как и желание вернуться к чистому Аристотелю, неиспорченному бессильной христианской схоластикой) станет одним из важнейших факторов формирования новой европейской науки. Но до всего этого оставалась еще тысяча лет.

Пока же европейская мысль начала углубляться в последовательное дихотомическое деление понятий. Это давало возможность натянуть цепь бытия от высшего рода к самым низшим объектам и расположить все промежуточные роды и виды на соответствующих ступенях бытия. В своем «Введении» Порфирий приводит древовидную иллюстрацию такого процесса.



В качестве высшего рода определена субстанция, которая делится на два вида по признакам «телесная» и «бестелесная» (необходимо понимать, что любой род предполагается делящимся на виды, но и вид, если он не является наинизшим, может разделяться на еще более мелкие виды, по отношению к которым он в таком случае становится родом). Телесная субстанция, то есть «тело», делится на два вида по

признакам «одушевлённое» и «неодушевлённое». Одушевленное тело, то есть «организм», делится на «чувствующее» и «бесчувственное». Чувствующее тело является животным, которое может быть «разумным» и «неразумным». Разумное животное называется «человеком», и в данной цепи понятий он уже не может рассматриваться как род, поскольку состоит из отдельных индивидов (конкретный человек по имени Сократ, конкретный человек по имени Платон и так далее), то есть представляет собой совокупность отдельных объектов, а не понятий.

Благодаря своей наглядности дерево Порфирия часто появлялось во многих книгах по логике. Авторы могли добавлять отдельные уровни в соответствии со своими воззрениями, но общая структура всегда оставалась неизменной, поскольку составляла познавательную (эпистемологическую) основу ранней схоластики. Реальная полезность такого древовидного шаблона представляется, однако же, весьма сомнительной. Во-первых, постоянное разделение строго на два рода является чересчур сильным упрощением, которое по большей части лишь запутывает и усложняет реальную проблему. А, во-вторых, в большинстве случаев (если мы говорим не о человеке, а о каком-то менее очевидном понятии) совершенно неясно, где именно следует прекратить деление и остановиться: все зависит лишь от силы воображения. Обе эти проблемы, однако же, не казались чем-то значимым, поскольку спекулятивная философия мало об-

ращалась к чувственному миру. Истинная реальность такова, какой она мыслится логически, а если наблюдаемые явления не соответствуют рациональной схеме, то необходимо почитать, что говорили об этом Платон и Аристотель, а также Священное Писание и Отцы Церкви. Далее, на основе прочитанного, если ранее оно было понято неверно, следует сконструировать новое дерево понятий.

Объем того, что нужно и можно познавать стремительно сокращался. Интеллектуалы больше не могли надеяться на финансовую помощь от богатых покровителей или на собственные доходы и потому оказались, по сути, ограничены четырьмя стенами своих комнат или скрипториев, а потому и вся философия свелась к рассуждениям, для которых не требовалось даже выглядывать в окно. От безысходности западная мысль решила, что весь мир можно познать у себя в голове – не зря же Всевышний дал человеку разум. Нужно было только научиться думать правильно, хотя в рамках средневековья сделать это оказалось непросто: мир не менялся, и философия застыла в виде химеры из тела Аристотеля, головы Платона и хвоста Стои. Лишь постепенные социальные изменения вытолкнули христианскую мысль из многовекового оцепенения, ударив в самое слабое место – в проблему универсалий.

# Проблема универсалий

Наиболее влиятельный фрагмент «Введений» сформулирован Порфирием в самом начале текста и содержит три вопроса:

– существуют ли роды или это просто выдуманные понятия?

– если роды существуют, то есть ли у них тела или они бестелесны?

– если роды не имеют тел, то отделены ли они от чувственных вещей или все же как-то связаны с ними?

Сам Порфирий колебался с решением этих вопросов и даже рассматривал не ранжируемые понятия, но, тем не менее, четко обозначил явное отличие конкретного явления от соответствующего ему понятия в нашем сознании и от обозначающего его слова в нашем языке. В самом деле, кроме комплекса восприятий о вещи, существует еще и сама эта вещь, то есть вещь «на самом деле». Собственно, за термином «сущность» и закрепилось обозначение того, что в реальности скрыто за наблюдаемым явлением. Материя вещи, безусловно, всегда пребывает вне нашего сознания, но и сущность тоже не находится в сознании (ведь сущность все же относится к самой вещи, а не к нашему сознанию), а потому ей следует приписать какое-то отдельное существова-

ние. Конечно, тут можно возразить, что кроме материи у вещи вообще ничего нет, но в таком случае непонятно, каким образом мы постигаем сущность вещи: материально к нам от наблюдаемого объекта ничего не переходит. Более того, в сознании практически у всех людей существует почти полное согласие относительно того, как объединять отдельные объекты в группы. Мы все откуда-то знаем, что этот конкретный камень относится к минералам, это конкретное дерево относится к растениям, а этот стул – к мебели. Нельзя при этом забывать, что никаких представлений хоть сколько-то напоминающих современную физику или биологическую систематику тогда не существовало, и даже атомизм давал весьма «идеалистические» объяснения в том духе, что отдельные излучаемые вещью атомы попадают к нам в глаза и сразу (каким образом?) формируют целый образ источника. Все эти проблемы (которые, возможно, почти не имеют смысла сегодня) являлись основополагающими для выбранного европейцами типа мышления, а потому разъяснялись и комментировались многими авторами, сформировавшими в результате основной вопрос философии: существуют ли роды (универсалии) реально, или это только лишь слова.

Изначально под «универсалиями» подразумевали только идеи Платона, а также роды и виды Аристотеля, но постепенно в спор проникли и теологические аспекты, поскольку философию требовалось адаптировать к монотеизму, а еще позднее – к тринитаризму, который добавил в обсуждение

понятие ипостаси, то есть сущности-личности. Средневековая схоластика расцвела множеством школ, где между крайними взглядами – реализмом, полагавшим общие понятия даже более реальными, чем сами вещи, и номинализмом, оставляющим реальность лишь за единичными вещами – существовало множество промежуточных точек зрения.

Так, например, Боэций, комментируя Порфирия, предложил следующее решение: в ощущениях вещи даны нам как единичные (отдельные), но разумом мы постигаем уже универсальную вещь. Таким образом, универсалии существуют в мышлении (но не в сознании), причем божественный интеллект оперирует именно общими понятиями, а человеческий разум, находящийся на более низкой ступени, – объектами. Хотя человек еще способен воспринять и универсалии. Зато еще ниже располагаются мыслительные ступени, на которых существуют лишь чувства (то есть понятия только об отдельных объектах), но нет интеллекта (способности обобщать и постигать более высокие уровни бытия), а, значит, нет и универсалий. Похожим образом и цвета существуют лишь для того, кого имеет глаза. При этом деление на виды происходит по качествам, а на части – по количеству, так что универсалии есть объединения качеств, и потому существуют лишь в родах и видах, но не в индивидах.

Это хрупкое равновесие умеренного реализма (достигнутое скорее на уровне слов, но не смыслов), постулирующее, что общие понятия существуют в соответствии с мерой

интеллекта, нарушалось и восстанавливалось тысячу лет, неуклонно, хоть и очень медленно склоняясь к окончательному и бесспорному номинализму. Все другие точки зрения хоть и казались более приемлемыми для христианской теологии, но не могли быть обоснованы ничем, кроме витиеватой игры терминами. К моменту наступления Нового Времени чаши интеллектуальных весов окончательно склонились к победе номинализма, и как следствие – материализма и эмпиризма, так что европейская наука возникла на вполне сдобренной и готовой к этому почве. Немалую роль (причем скорее позитивную) тут сыграло и то, что появлению науки предшествовало и почти полное забвение всего, что накопили эллины и римляне.

# Падение Рима

К началу V века могущество Римской империи оказалось существенно подорванным. Финансовая система и морская торговля находилась в упадке, города угасали и разрушались гражданскими войнами, высокие налоги тормозили развитие ремесел. Общество стремительно становилось аграрным, однако урожаи повсеместно падали из-за похолодания раннего Средневековья. Вся военно-бюрократическая структура государства была нацелена исключительно на сохранение монархического имперского строя, а также на извлечение колоссальных средств для содержания армии. Гражданские институты не действовали: сенат потерял свое влияние (особенно за пределами самого Рима), местного самоуправления почти не существовало. Процветал сепаратизм, причем не только в военном, но и в экономическом смысле. Многие регионы Империи просто существовали сами по себе – никаких связей с иными частями государства или центральной властью (кроме налогообложения) уже не осталось. Интенсивное земледелие в средиземноморских регионах привело к исчезновению лесов, опустыниванию и эрозии, из-за чего плодородие снижалось, а сельское хозяйство примитивизировалось. Центр влияния постепенно смещается из Италии в сторону более плодородных земель с развитой торговлей –

в Галлию, а также на Восток. Языческие традиции угасали, а христианство еще не набрало полной силы. Культурный и технологический уровень Империи больше не позволял доминировать над варварским окружением.

Ситуация осложнялась началом Великого переселения народов. В период римского климатического оптимума урожаи были обильны, поэтому население росло не только в Империи, но по всей Европе. Теперь же, с началом похолодания, огромные массы народа из северных земель больше не могли прокормить себя земледелием, и потому двинулись в регионы с более мягким климатом. Этот процесс существенно ускорился после вторжения гуннов, которые начали вытеснять варварские племена с уже освоенных территорий. Остановить эту массу людей оказалось невозможно.

Рим с большим трудом добывал деньги для выплаты жалования легионам, строительства военной инфраструктуры, обучения и снаряжения солдат, однако никакой экономической выгоды от армии уже не получал. Императорам удавалось лишь сохранить собственную власть и отсрочить коллапс неэффективной государственной машины. Варварские войска, напротив, легко собирались, вдохновленные перспективой грабежа и богатой добычи. Империя всё еще могла останавливать вторжения в отдельных местах, но в целом уже не имела сил противостоять бесчисленным ордам, почти свободно перемещающимся по ее землям. Целые народы заселяли приграничные районы, добиваясь юридиче-

ского признания просто по факту, поскольку выгнать их все равно не удавалось. Римская администрация имела реальную власть лишь там, где находились легионы, хотя и они уже по большей части состояли из варваров, которые решали, что регулярное жалование и цивилизованная жизнь (а также возможность свободно обирать римских крестьян) является неплохой альтернативой грабежам. Претенденты на императорский трон постоянно привлекали готские племена к борьбе со своими соперниками. При Феодосии I влияние варваров в армии возросло настолько, что им было официально разрешено селиться на римских землях (хотя они и так уже давно делали это безо всякого разрешения). Перед своей смертью в 395 году Феодосий разделил Империю на Западную и Восточную половины, завещав каждую одному из своих сыновей.

Обе части Империи почти сразу же начали конфликтовать между собой, но если Восток смог сохранить экономическую целостность и меньше подвергался внешнему давлению, то дни Западной Империи оказались сочтены. Рейнская граница была окончательно прорвана, варварские войска хозяйничали в Галлии и Испании, постоянно угрожая непосредственно Риму. В 410 году в Италию вторглось огромное войско вестготов во главе с Аларихом, который ранее состоял на имперской службе, но в итоге прельстился возможностью захватить богатую добычу. Девятью годами ранее Риму уже удалось остановить Алариха, но в этот раз вечный

город был захвачен и разграблен (впрочем, он уже не был столицей, поскольку за несколько лет до того ее перенесли в Равенну). Бессильный что-либо сделать, император Гонорий отдал вестготам Аквитанию, и отныне она станет подчиняться Империи лишь формально.

Спустя 20 лет вандалы и аланы переправились из Испании в Африку, разбили римлян и захватили побережье Марокко. Еще через пятнадцать лет англы, саксы и юты начали вторжение в Британию. В начале 450-х годов на Западную Римскую империю обрушились гунны, и только внезапная смерть Атиллы спасла Италию от полного разорения. Впрочем, период спокойствия оказался недолгим и уже через несколько лет вандалы захватили и разрушили Рим, а следом подчинили Сицилию, Сардинию и Корсику. В это же время бургунды заняли земли на юго-востоке Галлии и создали там свое самостоятельное королевство. Под властью Рима (на самом деле Равенны) фактически осталась одна Италия, но по факту престол стал игрушкой в руках варварских военачальников.

В 475 году полководец Флавий Орест, возглавлявший германских наемников, изгнал императора Юлия Непота и посадил на трон своего сына Ромула Августула. За службу германцы потребовали себе треть италийских земель, но не получили желаемого, и уже в следующем году провозгласили королем своего командира Одоакра. Разбив остатки войск Ореста, Одоакр сверг и отправил в изгнание Ромула Августула, а имперские регалии переслал в Константинополь. Во-

сточный император Зенон не стал назначать нового императора на Западе, но провозгласил Одоакра римским наместником и возвел его в сан патриция. Во многом это была простая формальность – вырвать Италию из рук варваров было уже невозможно, однако юридическое признание могло внести некоторое успокоение и уменьшить беспорядки.

Историческая традиция принимает 476 год концом Западной Империи, отделяющим античность от средневековья, однако современники не воспринимали свержение Ромула Августула переломным событием, и оценивали его скорее позитивно. Правление Одоакра принесло в Италию долгожданный мир и спокойствие. Римский сенат получил поддержку, консулы назначались по старой традиции, административные реформы оказались разумными и умеренными, солдатам-варварам выделили землю, не вызвав при этом сильного возмущения местного населения.

На Востоке, однако же, независимость и амбиции Одоакра вызывали опасения, поэтому император Зенон уговорил вождя остготов Теодориха напасть на Италию. Несколько лет война шла с переменным успехом, но даже когда остготы начали одерживать верх, Равенна оставалась неприступной. В итоге Теодорих предложил заключить союз и править королевством совместно, однако не сдержал слова и лично зарубил Одоакра, казнив затем его семью и всех его ближайших приверженцев. Варварское войско провозгласило своего вождя королем, однако новый византийский император Ана-

стасий I признал титул Теодориха далеко не сразу, и только в 516 году (через двадцать лет!) официально вверил ему власть над Западом.

Все эти перипетии не уничтожили римскую цивилизацию. Сам Теодорих хоть и был остготом, но родился и вырос в Империи, детство провел в Константинополе (находился при дворе в качестве заложника), где получил отличное образование, а позже за службу он был возведен в достоинство патриция и назначен консулом. Неудивительно, что новый король был восхищен культурой Италии. Административный аппарат государства остался почти нетронутым, а на гражданские должности назначал в основном римлян, которые имели равные права с готами, за исключением того, что не могли носить оружие и служить в армии. На основе римского права был издан «Эдикт» с единым сводом законом для всех жителей королевства. На восстановление памятников Рима выделялись большие средства, в Колизее проводились пышные игры, сенату оказывалось всяческое почтение. Роскошный королевский дворец в Равенне поражал своим блеском и большим количеством талантливых придворных, которые смогли наладить государственные финансы, возродить торговлю и поднять благосостояние населения. Теодорих искренне старался снискать славу покровителя мудрости, для чего приблизил к себе нескольких наиболее образованных римлян, включая Аниция Манлия Северина Боэция.

# Власть варваров. Гибель Боэция

Личность Боэция выглядит совершенно невероятной для своего времени, являясь будто бы последним отблеском старой и уже по сути ушедшей эпохи. Родившись в знатной семье, он рано потерял отца и был взят в семью главы сената и римского префекта Квинта Аврелия Меммия Симмаха, где получил блестящее классическое воспитание, которое, возможно, затем продолжил в Александрии или Афинах. Эрудированный и трудолюбивый Боэций заслужил благосклонность Теодориха и был назначен сперва консулом, а затем – первым министром, на плечи которого легли многие заботы, включая реформу монетной системы, а также изготовление солнечных и водяных часов для развлечения короля.

Административные дела отнимали немало времени, но Боэций никогда не прекращал писать философские и религиозные работы. Латинский мир почти не знал греческих авторов: все тексты ходили в оригинале, но гордые римляне редко учили другие языки, тем более что связи с Византией ослабевали. Боэций взял на себя задачу восполнить этот пробел, и создал ряд богословских трудов в защиту католичества, несколько философских сочинений, а также трактаты «Основы арифметики» и «Основы музыки» (возможно, также были написаны учебники по геометрии и астро-

номии), в которых передал западной цивилизации основные открытия пифагорейцев и некоторых других эллинских математиков. Кроме того были переведены и прокомментированы «Органон» Аристотеля и «Введение» Порфирия. В своей работе Боэций старался придерживаться собственного понимания, не стесняясь приводить дополнительные рассуждения и толкования, сокращая пространные места и поясняя трудные моменты. Перечисленные тексты впоследствии составили основу всего средневекового университетского образования Европы.

Удивительно еще и то, что Боэций, похоже, был полностью лишен приверженности всяким суевериям, что совершенно нехарактерно для людей тех веков. Даже его богословские работы лишены мистических оттенков и представляют собой образцы логической строгости. Впрочем, именно приверженность религиозным вопросам привела Боэция к печальному концу. Дело в том, что Теодорих, как и большинство готов, исповедовал арианство – версию христианства, согласно которой Иисус Христос является лишь творением Бога и не единосущен Создателю. Изначально это учение распространилось из Александрии по восточным провинциям Империи и на какое-то время даже стало государственной религией, хоть и вызывало возражения у многих священников. Поскольку христианизация готов происходила именно в тот ранний период, то они приняли крещение от епископов-ариан, и в дальнейшем уже не отступали от своей

веры, даже после того, как она была осуждена Римом и Константинополем.

Мудрый Теодорих придерживался политики веротерпимости и поддерживал хорошие отношения с папским престолом, но его позиция резко поменялась, когда в 523 году благочестивый император Юстин объявил арианство вне закона. Причины для беспокойства имелись. Остготское государство постепенно становилось все более могущественным, а его владения простирались далеко за границы самой Италии. Другие варварские короли относились к Теодориху со вполне заслуженным уважением, тогда как он хоть и признавал себя подданным императора, но неуклонно и энергично отстаивал свою независимость, в том числе и силой оружия. Всё это вызывало немалые опасения у Константинополя. Одновременно с этим накапливались противоречия между италиками и готами, причем последние не стеснялись пользоваться своим исключительным правом на ношение оружия. Столкновения происходили довольно часто, религиозные и культурные различия вылились в прямую расовую вражду. Богатые землевладельцы начали выражать недовольство существующими порядками. В этих обстоятельствах обострение отношений с Византией могли иметь серьезные последствия: Теодорих начал опасаться, что римляне могут вступить в заговор с императором, дабы отобрать у него корону.

Подозрения лишь усилились, когда было перехвачено письмо одного из сенаторов, направленно лично императо-

ру. Весьма вероятно, что там обсуждалась проблема наследования, ведь у Теодориха не было сыновей, а права дочери и внука вызывали сомнения у других варварских вождей. Разгневанный Теодорих созвал суд, состоявший из высших сановников государства. Очевидно, предполагалось, что таким образом получится осудить изменника законным образом и одновременно получить дополнительные доказательства верности придворных-римлян, однако некоторые члены коллегии попытались оправдать сенатора и выставить дело таким образом, будто ничего предосудительного совершено не было. Этот шаг оказался ошибочным. Боэция, который выступал особенно рьяно, арестовали, заключили под стражу, обвинили в заговоре и святотатстве, отобрали имущество, а через год казнили. Сенат не захотел ему помочь: многие боялись, но немало было и тех, кто был верен королю, или же радовался падению первого министра, а потому открыто выступил против него.

Находясь в заточении и ожидая жестокой расправы, Боэций создал одно из самых знаменитых своих произведений «Утешение философией» – последний великий текст классической эпохи. Сообразно своему печальному положению Боэций пишет – частью в прозе, а частью в стихах – о предопределении и свободе воли, о зле, добродетели и о справедливости. Книга построена в виде беседы между автором и философией, которая явлена в образе женщины, объясняющей капризную природу Судьбы (именно здесь дана мета-

фора колеса Фортуны). Объясняется, что люди по своей сути хороши, но иногда поддаются злобе и совершают злые поступки, подобно животным. По этой причине справедливость заключается в том, чтобы обращаться с заключенными с сочувствием, подобно тому, как врач ведет себя с больным пациентом (вполне понятный вывод для посаженного в темницу философа).

Хотя «Утешение» написано безо всякой ссылки на христианство и полностью проникнуто духом неоплатонизма, но общий посыл книги полностью соответствует нормам религиозного благочестия Средневековья: следует не гнаться за мирскими благами, а искать внутренние добродетели. Поскольку Бог управляет миром через Любовь, то к истинному счастью приведут лишь молитвы и искреннее чувство любви. Страдание от зла признается добродетельным, ведь зло, являясь просто отсутствием добра, и имеет благую цель – преподать нам урок и помочь измениться к лучшему. Всеведущий Бог заранее знает все наши будущие действия, но такое предвидение, не являясь необходимой причиной наших поступков, поэтому мы все же обладаем свободой воли. Впрочем, наша воля свободна лишь настолько, насколько может опираться на суждения разума, поэтому необходимо все время уклоняться от зла, устремляя сердце к добродетели, а ум – к истине. Таким образом, познать истину это и означает стать по-настоящему свободным. Все эти ответы были получены исключительно рационально с опорой на

греческую традицию и классическую натурфилософию, но христианская мысль, опираясь на веру и Откровение, придет к точно таким же выводам.

«Утешение Философией» стало одним из самых популярных сочинений средневековья, его многократно копировали, богато иллюстрировали, переводили и клали на музыку. Самого Боэция почитали подобно одному из отцов церкви, хотя его истинное отношение к христианству не до конца ясно, а авторство некоторых приписываемых ему богословских текстов вызывает сомнения. Само «Утешение» начинается с заявления о том, что истинными философами являлись Сократ, Платон и Аристотель, а стоики, эпикурейцы и прочие подражатели обрели популярность лишь из-за невежества толпы. О себе же Боэций говорит, что он всегда следовал Богу, повинаясь заповеди пифагорейцев. Метафизика излагается им с чисто платоновских позиций, а начальные разделы «Тимея» положены на стихи. Никакой, свойственной ранним христианам, одержимости чувством греха у Боэция нет. Тем не менее, его казнь произвела глубокое впечатление на современников, и в Италии даже возник неофициальный культ Боэция-мученика.

# Борьба Византии за Италию

Спустя два года после казни Боэция умер и король Теодорих. В последние годы он пытался наладить отношение с Константинополем и даже направил туда большое посольство во главе с папой Иоанном I. Предполагалось, что представительная дипломатическая миссия сумеет добиться смягчения мер против ариан, а также обеспечит поддержку наследникам Теодориха: его дочери и внуку. Однако папа и римские сенаторы едва ли могли, а, вероятно, и не стремились удачно выполнить поручение своего короля. Император Юстин принял их достаточно тепло и установил с ним замечательные личные отношения, но в Италию они вернулись ни с чем. Разгневанный Теодорих бросил Иоанна в тюрьму, где слабый здоровьем папа умер от жестокого обращения. В королевстве начался террор против католиков, из-за чего разлад между готами и римлянами существенно усилился. Когда в 526 году престарелый Теодорих, наконец, скончался, многие его подданные были убеждены, что он отправился напрямик в ад.

Еще через год императором стал Юстиниан – один из наиболее выдающихся монархов раннего средневековья, чье правление ознаменовалось окончательным переходом от античных традиций к новой эпохе. Указом императора была

проведена масштабная реформа правовой системы, а также полностью перестроен сгоревший ранее собор Святой Софии, ставший самым грандиозным храмом христианского мира. Также Юстиниан задался целью отвоевать у западных варваров все имперские земли, какие получится вернуть. Ранее, военные таланты Теодориха не давали византийцам ни единого шанса на успех, однако теперь ситуация изменилась. Отсутствие сильного наследника привело к разладу внутри остготов, а их союзы с другими племенами разрушились: отношения с вандалами ухудшились, вестготы восстановило свою автономию, а франки начали экспансию и в итоге добились преобладания на Западе. Юстиниан не преминул воспользоваться благоприятными обстоятельствами и вторгся в Италию, а также в Северную Африку.

На первых порах все складывалось удачно для императора: варварские армии удалось разбить, а местное население радостно встретило его как освободителя от варварского гнета. Впрочем, вскоре люди выяснили, что хуже продажных византийских чиновников могут быть только огромные византийские налоги. Многие жители начали мечтать о возвращении вандалов и готов, тем более что последние смогли собраться с силами, и в итоге война затянулась на двадцать лет, закончившись лишь в 552 году битвой при Везувии, где был убит последний король остготов Тейя. За это время Рим пять раз переходил из рук в руки, а многочисленные осады и штурмы низвели его до положения захудалого разрушенно-

го поселения. Обе стороны проявляли невероятную жестокость, убивали заложников и мирное население, полностью разорив Италию. Цветущие провинции обезлюдили, и вместо богатых земель византийцы получили слабый и бедный регион, который было к тому же непросто удерживать. На захват Галлии и войну с франками Юстиниан уже не решился.

С другой стороны император проявил завидное рвение в деле окончательного искоренения язычников: их семьи крестили насильно, а особо упорствующих судили и жестоко наказывали (в том числе, отбирая все имущество). Последние языческие храмы, в том числе и в завоеванной Италии, разрушали. В 529 году была закрыта Академия, хотя такое действие носило скорее символическое значение: лидирующее положение среди учебных заведений Империи давно занимал Константинопольский университет, священная роща, где преподавал Платон, была вырублена Суллой еще в I веке до нашей эры, а сама школа уже неоднократно исчезала и возрождалась усилиями отдельных энтузиастов. Тем не менее, лишившись своей самой знаменитой школы, Афины утратили статус культурного центра и быстро превратились в глухой провинциальный город. Многие преподаватели академии отправились в Персию, где получили благосклонный прием от ценителя мудрости Хосрова I. Вместе с ними на Восток ушли драгоценные свитки с литературным, философским и научным наследием античности.

Юстиниан умер в 565 году, а спустя всего три года Италия,

не успевшая еще восстановиться от былых потрясений, подверглась вторжению свирепого германского племени лангобардов. Местных сил для защиты не хватило, а у Константинополя отсутствовали средств, чтобы вовремя высылать достойные подкрепления. Власть Империи в Италии оказалась подорвана, и за последующие двести лет лангобарды постепенно отобрали у византийцев все итальянские земли, кроме тех, которые успеют захватить сарацины. Сенат прекратил свое существование к 630 году, от римской цивилизации не осталось ничего, кроме развалин. Сам Рим формально так и оставался в зависимости от Византии, пока франкский король Пипин Короткий не подарил его папскому престолу вместе с некоторыми отобранными у лангобардов землями.

# Античное наследие в Византии

На востоке в Византии судьба эллинского наследия оказалась на удивление схожей с тем, что происходило на Западе. Пока христианство еще не сделалось всеобъемлющим, древние книги массово переписывались в императорском скриптории, однако, начиная с Юстиниана, тенденции поменялись, и началось постепенное забвение античной мудрости. При этом с самого начала в Византии фактически существовало две философии: языческая, которая продолжала развивать античное наследие, не вмешиваясь в богословские вопросы; и христианская, которая обеспечивала теологию понятным аппаратом, позаимствованным у язычников.

Приспособить греческие наработки к потребностям богословия оказалось непросто, но никаких других попросту не существовало. Главной проблемой оказалась необходимость как-то рационально описать нисхождение Бога в нашу материальную реальность, и для этого наиболее подходило учение неоплатоников с их концепцией лестницы бытия. Собственно, лишь это направление мысли могло предоставить необходимые понятия, и христианским теологам приходилось работать с тем, что имелось. Впрочем, у византийских богословов имелся куда более богатый исходный материал, чем у их западных коллег. Так, неоплатоник Ямвлих (уче-

ник Порфирия) глубоко проработал концепцию постепенной эманации Единого в виде порождающих друг друга триад, а глава афинской Академии Прокл развил эту систему еще глубже, детально описав уровни сущего.

В этом контексте в Византии неизбежно должен был начаться спор об универсалиях, который также опирался на решение Порфирия, и наиболее распространенной оказалась позиция умеренного реализма гласящая, что общие понятия реальны, но не могут при этом существовать сами по себе отдельно от конкретных вещей. Характерно, что римлянин Боэций пришел к аналогичному заключению. Другое дело, что данная, принятая восточными отцами церкви, точка зрения никогда серьезно не оспаривалась византийскими интеллектуалами.

После полного изгнания язычества ситуация оказалась плачевной. Изначально с греческими текстами Аристотеля и Платона работали в основном еретики – несториане и монофизиты, – тесно сотрудничающие с местными философскими школами. Теперь же оказались запрещены и те и другие. Фактически в Империи шла борьба различных богословских группировок, во многом отражающая стремление отдельных регионов к культурной и экономической автономии от Константинополя. На определенный период победу одержала центральная власть, хотя все попытки силой посадить на церковные кафедры ортодоксальных (лояльных императору) патриархов приводили лишь к бунтам или возник-

новению обширных подпольных религиозных групп.

Противоречия так и не удалось решить в рамках единой конфессии, поэтому восточные и африканские регионы Византии в итоге выберут путь полного отпадения от Империи – путь ислама. Но это произойдет чуть позже, а пока изгнанные из Афин языческие философы вместе с покинувшими Эдессу сирийцами-несторианами осели в Персии, где Хосров I активно покровительствовал наукам и искусствам. Сасанидский император был большим поклонником эллинской учености и даже знал греческий язык. По его указанию многие труды по философии, математике, астрономии, медицине и ремёслам были переведены с греческого и сирийского на пехлеви (позже их переведут с пехлеви уже на арабский). Некоторые философы так и не смогли принять персидских порядков и вернулись обратно в Византию, однако зороастриец Хосров включил в мирный договор с Константинополем отдельное требование о безопасности этих людей. Тем не менее, многим грекам и сирийцам было некуда возвращаться, поэтому они продолжили работать под сасанидским покровительством.

Позже, к VIII веку византийцам все же потребовалось сформировать логичную и стройную систему для рационального изложения ортодоксального христианского мировоззрения. Эта задача возникла как из-за непрекращающихся внутренних религиозных конфликтов в Империи (которые всегда были неотделимы от политических), так во мно-

гом из-за необходимости противостоять исламской теологии. Вновь оказался востребован Аристотелизм (в полной мере использовавшийся магометанами), и его влияние в Византии несколько возросло, но выйти из тени неоплатонизма он так не смог. До самого конца Аристотеля толковали по Порфирию (а иногда даже по Боэцию) и воспринимали как автора, служащего лишь для введения в глубины учения Платона. Такж полагалось, что их взгляды вполне соотносятся с христианскими догматами. Западу этот путь еще только лишь предстоял.

# Триумф ислама

Рассвет Римской Империи знаменовал начало ее неизбежного упадка. Еще задолго до начала кризиса общество становилось все более аграрным, число мелких и средних хозяйств сокращалось, а у крупных землевладельцев имелись и желание, и силы, чтобы отстаивать свою независимость от центральной власти. Эти тенденции лишь усилились, когда в результате непрекращающихся конфликтов многие города оказались разграблены и разрушены, торговля расстроилась, а ремесла пришли в упадок. Экономический крах и варварские нашествия завершили падение Западной части Империи, но для ее Восточной половины последствия оказались не столь печальными. Отбросив погибающие европейские провинции, она достаточно быстро восстановила свой военный и торговый престиж. Правда для этого потребовалось полностью поменять культурную среду, объединив в одной религии одновременно и воззрения на божественность единого монарха, и многие популярные античные традиции.

Со времен Юстиниана могущество Византии держалось на контроле плодородных земель и торговом посредничестве между Востоком и Западом, однако процветание Империи продлилось недолго. Сперва Хосров I отвоевал у нее часть восточных владений, а затем последователи пророка захва-

тили Сирию, Египет и Северную Африку. Еще позже итальянские и французские торговые города отобрали у византийцев и контроль над морем, после чего падение бессильного Константинополя под натиском мусульман стало неминуемым.

Победа ислама оказалась достаточно легкой: сражаться приходилось немного, а завоеванные регионы с радостью избавлялись от гнета коррумпированной и жадной Империи. Магометане не были столь фанатичны, как средневековые православные христиане, а их обряды налагали куда меньше ограничений. Власть арабов оказалась мудрой, рациональной и терпимой: на людей другой веры накладывалась весьма терпимая дань, а их культуру никто не ограничивал. Конечно, со временем всему этому придет конец, и мусульманские дворы станут символом интриг и продажности, однако на начальном этапе ислам очень быстро достиг уровня Восточной империи и даже превзошел ее, захватив Южную Италию и Испанию. Султаны открывали многочисленные дома мудрости, где образованные люди изучали и переводили сочинения греков, составляли к ним комментарии, а также проводили собственные исследования и наблюдения. Здесь в молодом, развивающемся и динамичном исламском мире родилась та репутация Аристотеля, которая сохраняется за ним до сих пор, тогда как ранее он считался существенно ниже Платона.

Арабы (точнее, жившие под их властью народы, поскольку

непосредственно арабских мыслителей было не так много) оказались наследниками той части греческой традиции, которую полностью забыли на Западе и почти утратили в Византии. Когда возникнет потребность, то именно мусульманская Испания и в некоторой степени Сицилия вновь познакомили Европу с Аристотелем, а также с геометрией, астрономией, алгеброй и химией. Разумеется, все эти знания сперва прошли через неоплатонизм и византийское христианство, были переведены с греческого языка на сирийский, потом на пехлеви, затем – на арабский, и в самом конце – на латынь. Разобраться в получившемся результате было крайне сложно. Схоластика попыталась совместить новое знание с христианским учением, но не справилась со своей задачей, и в попытке очистить истинного Аристотеля от позднейших наслоений как раз и возникло то, что позже превратится в научный метод. Но если бы мусульманский мир не сохранил античные тексты, эпоха Возрождения могла бы протекать совершенно иначе.

# ЭПИЛОГ. ТЬМА БЛИЗКО

## Христианство и языческая культура

Сложно сказать, что приносило больше вреда Римской империи – внешние проблемы или внутренние – одно влекло за собой другое и оба фактора усугубляли друг друга. Если же говорить об интеллектуальной жизни, то здесь не требовалось никакого влияние извне: политические процессы на Западе и Востоке хоть и являлись противоположными по содержанию, но в обоих случаях нашли опору в христианской церкви, которая обрела силу уже хотя бы потому, что обращалась к народным массам, а не отдельным людям. Античная культура никогда не предназначалась для многих, тогда как слова Евангелия требовалось донести каждому: и господину, и рабу. В таких условиях уже нельзя было говорить людям то, что они не смогли бы понять, и потому высшие места церковной иерархии всё чаще занимали те, кто умел увлечь проповедью толпу.

При этом не совсем верно говорить, будто христианство специально поддерживало невежество. Это не так. В первую очередь потому, что большая часть всех древних знаний сама по себе являлась смесью невежества и суеверий. Но это не

единственная причина. Даже безо всякого христианства Империя теряла баланс монархических и республиканских институтов, на границе которых только и могла еще существовать свободная мысль и условия для творчества. В самом деле, были забыты не только философские идеи или геометрические теоремы, но также и умения скульпторов, художников и поэтов. Запад распадался под натиском варваров, а Восток превращался в автократию. Германские племена не нуждались в науках, тогда как Константинополь видел в языческой мудрости голос против своей абсолютной власти. Отдельные регионы все больше стремились к автономии, поскольку экономические связи терялись, а жадная центральная власть воспринималась даже большим злом, чем варвары. Требовалось хоть как-то сдерживать общество и территории вместе, но теперь это получалось, только оперившись на все население целиком. Именно так поступила Церковь, давшая людям общую веру, а все другие общественные силы, которые не захотели или не смогли привлечь на свою сторону большинство населения, попросту проиграли. Разумеется, в таких условиях нельзя было допускать свободу мнений, но также очевидно, что невозможно было сделать образованным каждого, а потому гораздо проще оказалось просто осудить и заклеить образование.

Даже если бы мы ничего не знали о том, что Древний мир стоит на пороге своего распада, нам было бы вполне достаточно прочесть труды некоторых Отцов Церкви, чтобы по-

нять весь масштаб происходящих изменений. Христианские иерархи с ужасом и презрением отвергали всякую античную мысль, которую не удавалось примирить с Писанием. А поскольку Писание требовалось понимать буквально, то отвергнуто было почти все, что не касалось идеалистических рассуждений о природе божественного. Однако нигде, пожалуй, желание уничтожить греческое наследие не проявило себя столь сильно, как в вопросе о форме Земли и о движении планет – тех областях, где античность достигла наибольших вершин. Здесь христианство неколебимо встало на позиции близкие самым древним шумерским и египетским воззрениям. Единственное принципиальное отличие заключалось лишь в том, что вавилонские жрецы не имели еще способов получить многие знания о небе, но стремились их узнать и накопить. Христиане же действовали обратным образом.

# Позиция Александрийской школы

Нужно отметить, что самые ранние последователи Христа не питали особой вражды к научным знаниям, и это вполне объяснимо для нового учения, которое стремилось закрепиться внутри сложной и многогранной культуры античного мира. Все римляне не могли стать невежественными в один миг. Так, апостол от семидесяти и римский епископ (папа) Климент I в своем послании к коринфянам, написанном около 96 года, говорит, что Солнце, Луна и планеты кружат в установленном Богом согласии, а также упоминает антиподов, живущих в недоступной для нас части Земли.

Если же говорить об Александрии, то авторитет греческой учености в этом городе были столь велики, что игнорировать ее оказалось невозможным еще очень долго. Александрийская богословская школа даже попыталась объединить христианство и эллинскую философию, а ее наставники преподавали ученикам диалектику, физику, математику, геометрию и астрономию, хотя, разумеется, основной упор делали на теологию. Неудивительно поэтому, что возглавлявший эту школу в 200 году богослов Тит Флавий Клемент (не имевший никакого отношения к упомянутому выше римскому епископу) хоть и предложил видеть изображение целого мира в устройстве еврейского походного храма

– скинии, – но строил свои аллегории на фундаменте греческой мысли. Семисвечник у него олицетворяет движение небесных светил, причем центральный светильник соответствует Солнцу. Также высказывалась версия, что две устанавливаемых в скинии золотые фигуры с шестью крыльями изображают Большую и Малую Медведицу, в которых также было по шесть звезд. Хотя допускалось, что эти фигуры соответствуют двум земным полушариям.

Ориген – ученик и приемник Клементя в должности главы Александрийской школы, – положил немало сил на синтез неоплатонизма и христианства, но также предложил оригинальную трактовку той части Книги Бытия, где говорится, как Бог разделил воду на ту, что под твердью, и ту, что над твердью. По мысли Оригена эти слова следует понимать исключительно метафорически, в том смысле, что нам надлежит отделить наш дух от бездны мрака.

# Позиция радикальных Отцов Церкви. Лактанций

Увы, влияние Александрии на римский мир было слишком слабым. Всё громче раздавались голоса тех, кто не желал иметь ничего общего со старым язычеством, по вине которого, якобы, и происходили все те несчастья, что непрерывно обрушивались на Империю и ее жителей. Любые достижения дохристианской мысли объявлялись не более чем блестящими пороками. Одним из главных апологетов данной точки зрения являлся Лактанций, образованный уроженец Сереной Африки, принявший христианство в 53 года и написавший несколько произведений против тех, кто еще испытывал уважение к старым античным ценностям. Догмат Писания отстаивается в этих текстах с неколебимой убедительностью, а греческая философия подвергнута всеобъемлющей критике. С литературной точки зрения все эти работы написаны великолепно: их стиль и язык безупречны. Влияние этих текстов оказалось столь велико, что в 317 году Лактанция назначили воспитывать старшего сына Константина Великого.

Смысловое содержание сочинений Лактанция заслуживает, однако же, отдельного внимания. Остановимся только лишь на третьей книге «Божественных установлений», в ко-

торой осуждается ложная мудрость языческих философов. С самого начала заявляется, что они никогда не могли говорить верно, ибо узнали истину не от Бога, то есть не из Писания. Собственно, на этом аргументе можно было бы закончить, но Лактанций идет дальше. Опровергнув с помощью красивой игры слов всякую возможность получать знания из рассуждений или фактов, он приступает к критике накопленной греческой мудрости. Основное внимание, впрочем, уделяется тому, насколько неверно каждый из философов понимал добродетель и благо, которые на самом деле состоят в обретении правильной религии. Но в книге упоминаются и различные нелепости, которые были открыты философами по ошибке, в пылу гордыни или из ложных предположений. Так, утверждается совершеннейшая абсурдность того, что орбита Луны может быть намного больше круга земного. При этом до разбора математических вычислений Лактанций не опускается, а просто порицает математиков за их дерзость.

Отдельный раздел посвящен вздорной теории о существовании антиподов, чьи ступни расположены выше головы, а деревья рядом с ними растут корнями вверх. Лактанций не сообщает о том, что антиподы – это лишь гипотеза, и на самом деле многие философы сомневались в том, что противоположная часть Земли обитаема. Для него это тезис, который доказывает нелепость языческих выдумок. Шарообразность мира, по его словам, выводилась древними исклю-

чительно из круговых движений Солнца, Луны и звезд. Более сложные аргументы, например, о форме земной тени во время лунных затмений, или же о том, что на разных широтах видны различные части звездной сферы, Лактанций игнорирует. Зато он поясняет, что принципа движения светил никто не видел, а потому и рассуждения о нем суть просто фантазии. Далее следует ложный тезис, что философы будто бы обязательно полагали шарообразную Землю единообразной со всех сторон – с полями, горами и людьми – ведь шар везде одинаков. Все сказанное подается в виде перечисления заведомо нелепых утверждений, которые даже не нужно опровергать. Напоследок же Лактанций припас самый сильный свой аргумент, а именно – вопрос: почему же антиподы не падают вниз. Всякие возражения заранее парируются пояснением, что тезис о стремлении тяжелых предметов к центру мира – это ошибка и ложь, за упорство в которых людей можно лишь пожалеть. Лактанций сообщает также, что может привести еще немало доводов против шарообразности Земли, но не станет этого делать, поскольку необходимо завершать книгу, а разъяснить все глупости в любом случае невозможно. Что характерно, но книга на этом отнюдь не заканчивается, поскольку далее следуют очень длинные и пространственные рассуждения о философии и о религии.

Наиболее характерным в этой работе Лактанция является, однако же, не ее содержание, но то, что автора приведенных суждений сделали наставником наследника престола.

## **Умеренная позиция. Василий Великий**

Сам Лактанций ничем, кроме литературной одаренности, не выделялся на фоне своих современников. Даже более просвещенные христианские авторы теряли всякую сдержанность, когда начинали рассуждать о связанных с Писанием вещах. Таков, например, живший в IV веке капподаккийский архиепископ Василий Великий, изобретатель иконостаза и поборник монашеской жизни, который, похоже, был знаком с текстами Аристотеля или его последователей. Василий хорошо понимал, что Луна и Солнце должны иметь немалые размеры, поскольку их видимая величина не зависит от того, из какого места Земли на них смотрят. Также ему было известно, что в южной части неба существуют звезды, невидимые из северных широт, а времена года согласуются с движением Солнца по зодиаку. Но всякое здравомыслие сразу оставило Василия, лишь только он начал писать о форме небес – они никак не могут являться сферическими и их обязательно должно быть несколько, чтобы удержать верхние воды, ведь обо всем этом прямым текстом сказано в Писании. Если бы Господь не поместил воду над твердью, то мир сгорел бы в жаре небесного огня. Относительно формы самой Земли – является ли она шаром, цилиндром, плос-

ким либо вогнутым диском – Василий предпочел не высказываться, поскольку сам Моисей ничего не сказал по данному поводу, а значит, верующему человеку просто не нужно иметь суждения о подобных вещах.

# Позиция радикальных Отцов Церкви. Кирилл, Севериан, Диодор

Если Василия Великого можно назвать умеренным и осторожным автором, то остальные главы восточных Церквей безжалостно отвергали любую мысль, которая в точности не соответствовала бы хоть одной букве Писания. Для этих людей не существовало никаких иных космологических систем, кроме той, что описана в Книге Бытия, а потому греческую астрономию даже не считали нужным критиковать. Иерусалимский епископ Кирилл жил в одно время с Василием и уделял огромное внимание тем водам, что находятся над небесами. По мнению Кирилла, вода является наилучшей из четырех стихий, ведь из нее сотворены небеса, где обитают ангелы. Земля, где обитают люди, тоже сотворена из воды, и как мир начался из нее, так и Евангелие вышло из Иордана. Этими рассуждениями объяснялся механизм таинства крещения.

При этом общность взглядов на устройство мира не мешала священнослужителям спорить по многим богословским вопросам. Младший современник Василия и Кирилла гавальский епископ Севериан соперничал в красноречии с Иоанном Зластоустом, хотя и говорил по-гречески с сирийским акцентом. Впрочем, их вражда с Иоанном состояла не

только лишь в соревновании по красноречию, но была наполнена яростными взаимными обвинениями и интригами. Однако в рассуждениях о структуре космоса проявлялось удивительное согласие. В проповедях о шести днях творения Севериан пытается пояснить деяния Господа с точки зрения натурфилософии и говорит буквально следующее. Бог ничего не творил из пустоты, но все – из себя, а значит всё единосушно Творцу. Обычный огонь гаснет, поскольку соединен с веществом, так же как и наши души соединены с телами. Божественный же огонь вечен, а ангелы существуют вне тел.

Проблеме небесных вод Севериан уделил, как и полагается, огромное внимание. Существует два неба – наше, которое видим мы, и высшее горнее для Бога, между этими небесами поставлены воды, а вся конструкция мира напоминает как будто бы двухэтажный дом, где небеса выпутают кровлей соответственно первого и второго этажей. Наше обычное небо образовалось из-за сгущения поднявшейся вверх воды, подобно тому, как неплотный дым, устремляясь от горящего дерева ввысь, превращается там в плотное облако. Сами верхние воды имеют ледяную структуру, а их смысл – защитить Землю от жара Солнца, Луны и звезд, который попросту разрушили бы наш мир так же, как трескается в очаге пустой горшок. Поскольку воды наверху в избытке, то она выпадает на Землю в виде росы. Еще ледяные воды нужны для того, чтобы отражать солнечный свет вниз к нам, а иначе он бы весь улетел вверх. А уж сколь небо было создано

не в первый день, то и Солнце с Луной нельзя было создавать сразу, ведь не существовало тверди, где можно было бы их закрепить. Ночью Солнце не может проходить снизу под Земным шаром, ведь мир имеет форму шатра, а под земной твердью нет пространства. Поэтому по ночам Солнце просто обгибает сушу сбоку, скрываясь от наших глаз за северной стеной. Луна, очевидно, поступает аналогичным образом, а ее фазы меняются, дабы мы видели воочию, что произойдет с нами самими – рождение, расцвет, увядание, смерть и новое рождение, когда придет Сын человеческий.

Общие рассуждения Севериана о естествознании не менее любопытны. Таковы, например, соображения о взаимодействии огня и оливкового масла. Отмечается, что в масляном светильнике огонек шипит, поскольку по природе своей он хочет устремиться вверх, но поглощается маслом (очевидно, горение понималось, как удержание язычка пламени жидкостью) и остается на месте, то есть терпит насилие и потому недовольно шумит. Одновременно с этим приводится и другое наблюдение: если заливать костер маслом, то шума не будет, а если заливать водой – пламя зашипит. Казалось бы, влага должна всегда производить одинаковый эффект, но дело в том, что масло производят из плодов масличного дерева, а древесина всегда является другом для огня, пусть даже и в виде переработанного продукта, тогда как вода по природе своей полностью противоположна огню, и он шумно с ней борется.

Против античной астрономии Севериан однако же выдвигает по-настоящему сильный аргумент, прямо констатируя, что астрология не работает, а потому всякие звездные и планетарные расчеты лишены смысла и попросту лживы. Никто никогда не сможет поглядеть на небо и предсказать судьбу человека, поскольку никаких указаний на этот счет небо не дает. Что же касается знамений о великих событиях, навигации по созвездиям или прогнозов погоды, то тут важные небесные приметы понятны всякому разумному человеку безо всякой премудрой науки.

Но самым показательным, пожалуй, является объяснение Севериана касательно того, почему лунный год короче солнечного. В самом деле, один полный цикл фаз Луны продолжается двадцать девять с половиной суток, и потому двенадцать месяцев дают всего  $29,5 \cdot 12 = 354$  дня. Но солнечный год имеет продолжительность в 365 дней (еще четверть суток игнорируется), и разница составляет  $365 - 354 = 11$  суток. Спрашивается, откуда же они берутся. Дело в том, что Господь сотворил Луну на четвертый день, и сделал ее полной, чтобы она сразу же охватила своим светом весь мир. Однако, установленный порядок таков, что Луне полагается быть полной только на пятнадцатый день, и получается, что она предваряет свой срок именно на  $15 - 4 = 11$  лишних суток, которые ежегодно отдает Солнцу. Каждый умеющий считать может легко убедиться, что все вычисления тут верны – так заключает своё пояснение Севериан.

Фактически, по всем пунктам мы фиксируем здесь отступления на позиции, которые античное естествознание занимало еще до Аристотеля.

К концу IV века церковные иерархи уже не сомневались в том, что Земля плоская, а мир имеет форму скинии. Так, епископ города Тарса (родины апостола Павла) Диодор, хоть и родился в семье знатных языческих жрецов, а образование получил в Афинах вместе с Василием Великим, но рано принял христианство и начал обличать атеистов, которые смеют верить в геоцентрическую систему. Писание прямо говорит о двух небесах в виде крыши шатра. Антиохийский епископ Феодор Мопсуестийский обучался у Диодора вместе с Иоанном Златоустом и поддерживал взгляды своего учителя касательно скинии, а кроме того утверждал, что ангелы двигают звезды по небу.

Несмотря на сказанное, нужно понимать, что критика языческой философии сама по себе говорит, что у античной мысли все еще было много последователей, которые не сдавали своих позиций.

# Умеренная позиция Западной церкви. Амвросий, Августин

Западная Церковь придерживалась чуть более умеренных позиций, поскольку строилась на колоссальном фундаменте античной культурной традиции. Северо-западная Африка и Италия также были эллинизированы задолго до римского завоевания, и греческая культура не была для них чужой. Восток же никогда в полной мере не уходил из-под влияния египетских, вавилонских или персидских верований. Вероятно, поэтому восточные церкви оказались столь нетерпимы к античности. Западные священнослужители, напротив, по возможности сохраняли разумность своих взглядов. Так, живший в одно время с Василием Великим и Северианом епископ Амвросий Медиоланский хоть и критиковал заблуждения Фалеса, Пифагора, Демокрита (ничтожным атомам досталось особенно сильно), Платона, Аристотеля, но при этом называл небо сферой. Разумеется, умолчать о верхних водах Амвросий не мог, однако же, пояснил, что шатер может быть круглым внутри и квадратным снаружи.

Биография Амвросия не менее примечательна, чем его богословские взгляды. Он родился на территории нынешней Германии в богатой римской семье, получил образование в столице и занялся там юридической практикой. Талант и

способности помогли Амвросию сначала получить место судебного советника, а позже – должность префекта северной Италии с резиденцией в Милане (тогда он назывался Медиолан), где быстро заслужил уважение граждан. Огромный и богатый Милан уже соперничал с Римом, но город сотрясали столкновения между ортодоксальными христианами и приверженцами арианства. Ни одна из партий не могла одержать верх, и Амвросию, который даже не был крещен (хотя и родился в верующей семье), предложили стать епископом, поскольку его кандидатура устраивала всех – он считался терпимым человеком, умеющим учесть все мнения и интересы. За семь дней Амвросий формально прошел все ступени церковной иерархии, после чего отдал свое огромное состояние Церкви и повел непримиримую борьбу с арианством и язычеством. Судя по всему, на гражданской должности Амвросий просто не имел всех необходимых рычагов влияния и опасался неминуемых волнений, однако, получив еще и церковную власть, приступил к установлению религиозного единства, ведь только оно в то время могло обеспечить целостность государства, а для коренного римлянина это было особенно важно. Коль скоро изучение астрономии вредило спокойствию в Империи, то Амвросий безо всяких колебаний был готов пожертвовать астрономией.

Ученик Амвросия и епископ Гиппона Царского (ныне город Аннаба в Алжире) Аврелий Августин в юности обучался философии, склонялся к персидскому манихейству, а позже

— к неоплатонизму, но посчитал их неубедительными и обратился в христианство, став в итоге одним из самых влиятельных богословов за всю историю. В своих сочинениях Августин старается выражаться с максимально допустимой умеренностью, которая, впрочем, не очень велика. Он часто называет Землю шаром, но использует это обозначение скорее как эпитет, а касательно ее реальной формы лишь допускает возможность доказательства того, что фигура мира шарообразна и кругла. Если окажется, что Земля действительно кругла, то с противоположной от нас стороны вполне может находиться участок суши, однако существование антиподов невозможно, поскольку в Писании ничего не сказано о том, чтобы люди могли переплыть огромный океан. Каких-либо «физических» аргументов против антиподов не приводится.

Что касается верхних вод, то здесь у Августина почти не было вариантов, ведь он не мог усомниться в словах Писания, однако все же осмелился высказать версию, будто вода над небом может пребывать в парообразном состоянии. Дискуссию о форме самих небес Августин называет лишеной смысла, поскольку данное знание бесполезно для блаженной жизни, а споры лишь отнимут время у душеспасительных дел. Подобного рода пояснение позволяет Августину оставаться в рамках христианских догм и одновременно сообщить следующее. Нет особой разницы, считать ли небо шаром или же подобным шатру, поскольку обе версии не противоречат Писанию. В самом деле, шатер ведь бывает и

полусферическим, а именно таким мы видим круглое небо из каждой конкретной точки Земли. Правда в другом месте Писания говорится, что небеса простерты словно кожа, но из кожи иногда делают округлые мехи или пузыри. Более того, небесная твердь вполне может вращаться, поскольку нигде не утверждается обратного, а ведь название «твердь» говорит лишь о твердости, но не о неподвижности. В любом случае, уточняет Августин, раз в Писании нет прямых указаний по данному вопросу, значит, Господь не посчитал нужным сообщать данную информацию, а посему – она неважна. И, разумеется, божественный авторитет превышает любых догадок слабого человеческого разума.

Учитывая общий культурный уровень того времени, позиция Августина безусловно заслуживает уважения, и можно лишь сожалеть, что он не использовал свой интеллект для иных, более рациональных целей. С другой стороны, в любом случае необходимо признать, что никакие усилия отдельных мыслителей ни на йоту не изменили бы общего вектора развития Империи, и не отсрочили приближения Тёмных веков.

Когда Августину было 26 лет, гунны вторглись в Европу с юго-востока. Под их ударами германские племена двинулись на запад – в Галлию, Италию, Испанию и Дакию. Римляне не смогли сдержать нашествия: оставили ряд территорий и впустили варваров на другие. Империя оказалась фактиче-

ски разорвана на Восточную, которую мало затронуло Великое переселение народов, и Западную, где постепенно наступал конец всякой цивилизации, ведь новые завоеватели мало чему хотели учиться у римлян.

Августин прожил долгую жизнь и умер семидесятипятилетним старцем в 430 году, когда вандалы пришли в Африку через Гибралтар и осадили Гиппон. Еще полвека спустя варвары свергли последнего номинального императора Запада. Церковь, как могла, сдерживала ярость новых властителей Европы, но, уверовав в Христа и отказавшись от собственного язычества, они, что естественно, не желали перенимать ничего от язычества греческого. Старые философские школы угасали, оставаясь прибежищем для носителей античной культуры, однако с каждым поколением таких людей становилось все меньше. Мудрость прошлого больше не пользовалась уважением, знания о мире терялись и забывались, социальные и экономические связи между регионами рушились. Для большинства жителей Запада мир на самом деле сделался плоским.

# Византия. Мир Косьмы Индикоплова

Византия, напротив, сохранила и даже расширила торговые связи с другими регионами. Предприимчивые ромейские купцы и отважные моряки отправлялись в самые отдаленные земли. Одним из таких людей был Косьма Индикоплов, написавший космографический трактат «Христианская топография». О самом Косьме известно немного: он жил в первой половине VI века, родом происходил, вероятно, из Александрии, не имел никакого церковного сана, занимался торговлей, много путешествовал, а его имя, возможно, является просто выдумкой переписчика – искажением слова «κόσμος». Иными словами, об авторе данного текста мы знаем лишь то немного, что захотел сообщить он сам.

Если же говорить о содержании «Христианской топографии», то нужно признать, что для своего времени Косьма был хорошо сведущ в географии. Он многое повидал сам, а также собрал надежные сведения у других путешественников. Ему известно, что исток Голубого Нила находится в Эфиопии, он знает об Инде и Ганге (хотя считает их одной рекой), приводит верное описание Египта, Шри-Ланки, Индийского субконтинента и даже Китая, в котором определенно никогда не бывал. На самом деле, хоть прозвище Ин-

дикоплов и означает «плавающий в Индию», но непонятно, действительно ли Косьма ее посещал, поскольку в те времена этим словом обозначали также Аравию и Эфиопию. Зато не вызывает никаких сомнений, что он не единожды путешествовал по Средиземному и Красному морю, а также по Персидскому заливу и даже выходил в открытый океан, о котором вспоминал с неприкрытым ужасом.

Косьма рассказывает о заморских краях живым и ярким языком, описывая маршруты и посещаемые города, товары и культурные особенности различных мест, а также диковинные растения и животных – словом, всё, на что обращали внимания деловитые и любознательные византийские купцы. Особенно это касается всего связанного с Индией, которая в те времена являлась центром торговых интересов всего мира. Приводимые сведения чаще всего достаточно точны и, сколь это возможно, достоверны, даже когда речь заходит о далеком и загадочном Китае. Также немалое внимание уделено вычислениям расстояний между различными городами и частями суши, и надо признать, что размеры известного обитаемого мира были определены достаточно точно и рационально (за единицу измерения принимался день пути, который сложно перевести в точные единицы длины, зато легко использовать при планировании торгового предприятия). Если бы Косьма ограничился простым описанием земель и морей, то его книга оказалась бы выдающимся географическим справочником эпохи, но цели создания трак-

тата были совсем иными. В первую очередь «Христианская топография» является богословским сочинением, а многочисленные факты имеют своей целью убедить читателя, что автор достаточно хорошо разбирается в том, о чем говорит.

Все рассуждения Косьмы сводятся к тому, чтобы любыми средствами приспособить устройство вселенной к словам Писания. Античная картина мира объявляется вредной и опасной. Учению Птолемея противопоставляется авторитет Отцов Церкви. Утверждается, что Земля подобна Ноеву ковчегу и имеет форму плоского прямоугольника, который со всех сторон окружен океаном. Сам океан опоясан еще одной сушей, на которой находится, в том числе, и Эдем. Именно на этой внешней суше люди жили до Потопа, но затем ковчег доставил Ноя уже на нашу землю, и человечество расселилось по ней. Существует всего четыре моря, которые (включая и Каспийское) представляют собой просто заливы океана. Сверху все это накрыто небесным сводом, по форме напоминающим крышку сундука. При этом вселенная делится на четыре яруса: в верхнем небесном обитает Христос, ниже – ангелы и души, в третьем ярусе живем мы, люди, а четвертый ярус находится под землей. Мир, похожий на сундук, разумеется, ассоциируется со скинией, а обитаемая часть суши – с расположенным в скинии столом для хлебов, длина которого (протяженность вдоль экватора) вдвое больше, чем ширина (вдоль меридиана). Всё сказанное нельзя отнести даже непосредственно к христианской или иудей-

ской традиции, поскольку схожие представления можно увидеть в очень древних аккадских и ассиро-вавилонских космологических традициях.

Характерно, что Косьма знает о теории эпициклов (хотя и не понятно, насколько глубоко он в ней разобрался), однако все астрономические и метеорические явления объясняет волей Бога и действиями ангелов. Один из приводимых аргументов невероятно интересен, поскольку многое проясняет в том, как воспринималась греческая ученость большей частью общества, и чем эта ученость, собственно, являлась. В самом деле, говорит Косьма, если язычники воображают, будто планеты совершают свои движения за счет того, что расположены на особых кругах, то отчего тогда эти же самые язычники утверждают, будто бы планеты являются богами – Зевсом, Меркурием, Афродитой и прочими? Что это за боги, которые не могут перемещаться по небу сами без специальных кругов? Подобную полунаучную-полусуеверную позицию Косьма называет смехотворным богохульством, и в данном случае не согласиться с ним сложно. Далее, однако же, следуют тезисы, согласиться с которыми намного труднее.

Небеса полагаются неподвижными, поскольку Млечный Путь по разумению Косьмы состоит из нескольких элементов, а, значит, должен либо падать, либо улетать ввысь, но этого не происходит. Таким образом, никакое суточное вращение небес невозможно, а все небесные светила перемещаются усилиями ангелов. Касательно движения легких и тяже-

лых тел мы могли бы предположить отсылку к Аристотелю, но Косьма не знал античной механики и потому заявлял, что невообразимо тяжелая Земля не может находиться в центре мира, но лишь на его дне. Как следствие, всякие рассуждения об антиподах объявлялись недостойными рассуждений бабьими сказками. Против шаровидной и расположенной в центре мира Земли выдвигается еще и такой аргумент, что в таком случае она не могла быть затоплена Потопом.

Явление захода Солнца потребовал от Косьмы отдельных пояснений. Утверждается, что на севере (и на западе) Земля сама по себе намного выше, чем на юге, и потому, например, Нил несет свои воды медленно, ведь он движет их ввысь, а Тигр и Евфрат стремятся вниз и потому текут намного быстрее. Говорится даже, что идущие на север и на запад корабли взбираются по морю ввысь. После сказанного уже не так удивительно, что Косьма предполагает существование на севере огромной горы, которую никто не видел, но именно за ней Солнце скрывается по ночам, когда обходит Землю с запада на восток. Поскольку гора имеет коническую форму, то иногда она закрывает Солнце надолго, а иногда – нет, в зависимости от того, как низок его путь. Этим объясняется отчего зимой ночь длинная, а летом короткая.

Отдельно приводится геометрическое обоснование того, что Солнце является не очень большим объектом, ведь иначе оно не могло бы скрыться ни за какой горой. Если мы заранее допустим, что Земля плоская, а мир достаточно мал, то рас-

суждения Косьмы даже обретут некоторый смысл. В самом деле, он полагал, что солнечный диаметр равен ширине той области суши, где в день летнего солнцестояния предметы не отбрасывают тени. В качестве допустимой погрешности принималась человеческая тень длиной не более половины фута, отсюда получался размер Солнца в  $24^\circ$  земного меридиана (разумеется, для плоской Земли никакие градусы не имели смысла), то есть около 2650 километров.

Не совсем понятно, как именно наблюдательный купец и добросовестный рассказчик пришел к таким выводам об устройстве мира, поскольку они никак не проистекают из того, что в действительности видел Косьма. Особенно удивительно, что во время своих путешествий на юг он так и не заметил, что вид звездного неба существенно меняется, а потому Земля просто-напросто обязана быть шаром. С момента своего написания «Христианская топография» не раз подверглась критике со стороны некоторых образованных представителей духовенства, но в целом она лишь отражала уже устоявшиеся взгляды Отцов Церкви. Косьма цитирует многих из них, а особенно – Севериана, и нигде не смеет отступить от Писания, поэтому неудивительно, что его книга оказалась весьма популярной в Византии, а затем и на Руси.

Здесь необходимо понимать, что Косьма Индикоплов являлся типичным представителем византийского торгово-ремесленного класса. Пока империя была сильна и обширна, эти люди – трудолюбивые и предприимчивые горожане –

обеспечивали ее богатство и процветание. Они располагали средствами, знали грамоту и умели считать, но не имели досуга и свободного времени, чтобы получать классическое образование. Старая аристократия еще держалась за античное наследие, но прочие жители Империи не считали греческую и римскую культуру своей, поскольку никогда ее не знали, и жили народными традициями. Теперь же, вместе с ростом благосостояния, торговцы и ремесленники начали формировать и собственную культуру, которая основывалась преимущественно на прагматических интересах, Библии, а также близких простым людям воззрениях и суевериях. Философские системы эллинов не могли закрепиться в новых условиях, поскольку были, во-первых, слишком сложны для ограниченных представлений большинства горожан, а, во-вторых, являлись для них чуждыми и лишёнными смысла. Даже противоречащие христианским догмам факты не осмысливались, но лишь перетолковывались и приспособлялись к старым взглядам.

# Последние очаги античной мудрости

Отдельные мыслители, такие как богослов-неоплатоник Иоанн Филопонт или севильский епископ Исидор продолжали изучать античных авторов, перенимая у них многие положения об устройстве мира. Их работы не получили широкой популярности, но все же Иоанн был хорошо известен в исламском мире, а Исидор – на христианском Западе, причем его книги, в которых говорилось о сферическом небе (подпирающем верхние воды) использовались для обучения клириков. Несмотря на это большинство грамотных европейцев продолжало придерживаться воззрений близких к тем, что излагали Севериан и Косьма Индикоплов, а различные церковные авторы постоянно подпитывали эту веру новыми сочинениям. Лишь на мусульманском Востоке – той части античного мира, которая не захотела идти в фарватере Рима или Константинополя – свет греческого наследия не угас и продолжил сиять с неизменной яркостью.

Поскольку германцы, уничтожившие в V веке Западную империю, сами были христианами (их крестили последователи еретического арианства), то в Европе сохранились лишь те немногие остатки античной культуры, которые сохранила церковь. На востоке ситуация в империи была иной – греческий язык там являлся основным, а вот латынь знали мало.

Христианский Константинополь вел яростную борьбу с античным наследием, однако к началу VII века многие провинции, а также северная Африка (середина VII века) и Испания (начало VII века) откололись и стали мусульманскими. Арабы отринули римскую религию, но восприняли культуру покоренных земель, так что именно ислам сохранил греческую литературу, философию и науку. Постепенно, начиная с XI века, благодаря контактам с маврами, Запад начал по крупицам восстанавливать утерянную античную мудрость. К моменту взятия Константинополя турками в 1453 году Европа уже вновь знала многое из греческого наследия.

Можно спорить о том, насколько велики греческие достижения в литературе или философии – это вопрос вкуса и предпочтений, – но их успехи в математике и астрономии неоспоримы. Конечно, какие-то начальные знания и приемы, а также записи наблюдений за светилами были унаследованы от Египта и Вавилона, но искусство дедуктивного доказательства является всецело греческим изобретением. Стало понятно, что некоторые процессы могут быть описаны языком математики, а полученные таким способом модели будут весьма хорошо соответствовать наблюдаемым явлениям. Хотя на тот момент было еще непонятно, что именно и как следует изучать.

Все, о чем мы говорили выше, было сделано очень небольшим числом людей в нескольких торговых городах. Маке-

донцам и римлянам при всем их варварстве хватило здравого смысла и ума оценить культуру народа, который они завоевали. Хоть она и не могла развиваться в условиях деспотии, но была кое в чем полезна, а потому ее охотно перенимали. Северная Италия, Галлия, Иберия, Британия, часть Германии и западная Африка получили цивилизацию сразу в готовом виде вместе с пришедшими туда римскими легионами. Конечно, воссоздать атмосферу Афин времен Перикла так нигде и не удалось, но Империя брала числом и территорией, рождая людей с выдающимися интеллектуальными и духовными дарованиями.

И хотя Средневековье не знало научных достижений подобных древнегреческим, нельзя сказать, что христианская Европа и особенно исламский мир были интеллектуальной пустыней. Наследие античности сохранялось и преумножалось в мусульманских домах мудрости, а позднее – в европейских университетах. Все это готовило почву для научной революции XVI–XVII веков, более того – без этого исторического этапа никакой научной революции вовсе бы не случилась, поскольку греческая наука, как мы помним, начала чахнуть еще в период эллинизма. К моменту заката Рима было сделано уже всё, что вообще возможно было сделать теми средствами и в том мире.

# НЕКОТОРЫЕ ИСТОЧНИКИ

Поскольку данный труд с самого начала не позиционировался как научный, то для упрощения своей работы я отказался от общепринятой системы ссылок, и решил просто указать список источников, дабы любознательный читатель смог узнать, откуда мной почерпнуто такое количество малополезных для реальной жизни сведений.

Все рисунки и чертежи в этой книге полностью оригинальны, при этом я в меру своих скромных сил старался, чтобы мои иллюстрации всегда оказались лучше и понятнее, чем в первоисточниках. Должен признать, что в тех главах, где много говорится об истории, пожалуй, не хватает географических карт, но в наше время каждый читатель легко может отыскать их в интернете. Тем более что я плохо представляю себе человека, который будет сегодня читать книгу о науке и не иметь под рукой смартфона или планшета. Признаюсь честно, у меня просто не хватило сил и умения, чтобы нарисовать действительно хорошие и красивые карты древнего мира, тогда как в сети несложно отыскать великолепные их образцы.

Книги приведены в алфавитном порядке по фамилиям авторов.

*Архимед* «Сочинения. Перевод, вступительная статья и комментарии Ю.Н. Веселовского. Перевод арабских текстов Б.А. Розенфельда»

*Базен Жермен* «История истории искусства: от Вазари до наших дней»

*Бронштэн В.А.* «Клавдий Птолемей»

*Вайнберг Стивен* «Объясняя мир. Истоки современной науки»

*Василий Великий* «Беседы на Шестоднев»

*Витрувий Марк Поллион* «Десять книг об архитектуре»

*Вуттон Дэвид* «Изобретение науки. Новая история научной революции»

*Глаголева Е.В.* «Повседневная жизнь европейских студентов от Средневековья до эпохи Просвещения»

*Григорьян Ашот Тигранович* «Механика от античности до наших дней»

*Гуковский М.А.* «Механика Леонардо да Винчи»

*Даймонд Джаред* «Коллапс»

*Даймонд Джаред* «Ружья, микробы и сталь. Судьбы человеческих обществ»

*Дорфман Я.Г.* «Всемирная история физики»

*Дрейер Джон* «История астрономии. Великие открытия с древности до Средневековья»

*Дубровская Динара* «Миссия иезуитов в Китае. Маттео Риччи и другие (1552-1775 гг.)»

*Евклид* «Начала»

*Евклид* «Оптика»

*Жермен Базен* «История истории искусства: От Вазари до наших дней»

*Жмудь Л.Я.* «Пифагор и его школа»

*Жорж Жан* «История письменности и книгопечатания»

*Клай Эрик Х.* «1177 год до н. э. Год, когда пала цивилизация»

*Климишин И.А.* «Календарь и хронология»

*Косьма Индикоплов* «Христианская топография»

*Крамер Самюэль* «Шумеры. Первая цивилизация на Земле»

*ле Гофф Жак* «Интеллектуалы в средние века»

*Лурье Соломон Яковлевич* «Архимед»

*Лурье Соломон Яковлевич* «История Греции». Курс лекций

*Лурье Соломон Яковлевич* «Избранные работы по истории науки»

*Любарский Г.Ю.* «Происхождение иерархии: история таксономического ранга»

*Моррис Иэн* «Почему властвует Запад... По крайней мере, пока еще. Закономерности истории»

*Ньютон Роберт* «Преступление Клавдия Птолемея»

*Осборн Роджер* «Цивилизация: новая история западного мира»

*Паперн Г. А.* «Рене Декарт. Его жизнь, научная и философская деятельность»

*Пачнер Мартин* «От литеры до литературы. Как письменное слово формирует мир, личности, историю»

*Пейн Линкольн* «Море и цивилизация. Мировая история в свете развития мореходства»

*Птолемей Клавдий* «Альмагест: Математическое сочинение в тринадцати книгах»

*Попов Г.Н.* «История математики»

*Псевдо-Аристотель* «Механические проблемы»

*Пустановит А.В.* «Этика и эстетика: Наследие Запада. История красоты и добра: Учебное пособие»

*Рассел Бертран* «История западной философии и ее связи с политическими и социальными условиями от античности до наших дней»

*Татаркевич Владислав* «История шести понятий»

*Устрялов Николай Герасимович* «История царствования Петра Великого»

*Фергюсон Наил* «Восхождение денег»

*Хаген Виктор фон* «Ацтеки, майя, инки. Великие царства древней Америки»

# ОБ АВТОРЕ

Фёдоров Дмитрий Александрович, кандидат технических наук  
telumendil@yandex.ru