



МОСКОВСКИЙ
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Д. А. Гусев, Е. Г. Волкова, А. С. Маслаков

ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА



Москва 2016

Екатерина Георгиевна Волкова
Андрей Сергеевич Маслаков
Дмитрий Алексеевич Гусев
Естественнонаучная
картина мира

Текст предоставлен правообладателем

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=28290515

Естественнонаучная картина мира: МПГУ; Москва; 2016

ISBN 978-5-4263-0267-9

Аннотация

Учебное пособие посвящено всестороннему анализу такого феномена, как естественнонаучная картина мира. В нем рассматриваются основные особенности научного познания, выделяются и анализируются этапы становления и развития естествознания, приводятся современные естественнонаучные представления о различных областях и уровнях физической реальности, обсуждаются глобальные проблемы, с которыми столкнулось человечество в XX–XXI вв. Учебное пособие адресовано прежде всего студентам социально-гуманитарных направлений высших учебных заведений, а также всем интересующимся историей естествознания и его современными достижениями.

Содержание

Предисловие	9
Тема 1. Наука в духовной культуре	12
§ 1. Когда и где появилась наука?	12
§ 2. Особенности и критерии науки	18
§ 3. Структура научного познания	28
§ 4. Всесильна ли наука? Границы научного познания	37
§ 5. Общие модели развития науки	45
§ 6. Научные революции	53
Поговорим о прочитанном	58
Тема 2. Теоретические представления о мире: античность и средневековье	60
Часть 1. Античная картина мира:	60
Божественный Космос	
§ 1. «Как прекрасен этот мир...»	60
§ 2. Как и зачем познавать прекрасный Космос?	68
§ 3. Теория Аристотеля и ее достоинства	77
§ 4. Аристотель об основаниях гармоничной природы и прекрасного Космоса	81
§ 5. Как мыслить в подлунном мире?	92
§ 6. Птолемей и утверждение геоцентризма	96

Поговорим о прочитанном	102
Часть 2. Картина мира эпохи Средневековья:	104
теоцентризм	
§ 1. Средневековье и интеллектуальные практики	104
§ 2. Космос как литургия	107
§ 3. Разработка методологии: вера или разум?	113
Поговорим о прочитанном	128
Тема 3. Гении классического естествознания:	130
революционные открытия эпохи возрождения и нового времени	
§ 1. Триумф и падение геоцентрического мировоззрения	130
§ 2. Коперник против Птолемея	135
§ 3. Открытие бесконечности	140
§ 4. Эксперимент и математика	154
§ 5. Движение и покой	172
§ 6. Законы движения планет	176
§ 7. Мир, который построил Ньютон	179
§ 8. Механицизм	191
§ 9. О неполноте даже самой лучшей теории	201
§ 10. Рождение электромагнитной концепции	211
Поговорим о прочитанном	225
Тема 4. «Этюд в разноцветных тонах».	227
Современная естественнонаучная картина мира	

Часть 1. Теория относительности	227
§ 1. На плечах гигантов	227
§ 2. Проблемы и постулаты	230
§ 3. Прощание с абсолютной средой	234
§ 4. Что такое одновременность?	240
§ 5. Измерение времени – измерение пространства	244
§ 6. Замедление времени и сокращение длины	248
§ 7. Некоторые любопытные следствия	254
§ 8. Проблема гравитации и принцип эквивалентности масс	261
§ 9. Эквивалентность систем отсчета	266
§ 10. Неевклидовы геометрии пространства и гауссовы координаты	269
Поговорим о прочитанном	274
Часть 2. Общая характеристика концепций мегамира	276
§ 1. Новый взгляд на Вселенную и человека в ней	276
§ 2. Современные представления об устройстве Вселенной	283
§ 3. Теория Большого взрыва	291
§ 4. Этапы эволюции Вселенной	297
Поговорим о прочитанном	305
Часть 3. Общая характеристика концепций	307

микромира	
§ 1. Атом: история открытия и первые модели	307
§ 2. Элементарные частицы – «кирпичики мироздания»	321
§ 3. На пороге новой естественнонаучной парадигмы: возможна ли теория Великого объединения?	329
Поговорим о прочитанном	335
Часть 4. Общая характеристика концепций живой природы	337
§ 1. Живая и неживая природа	337
§ 2. Теория биологической эволюции	343
§ 3. Гипотезы происхождения жизни на Земле	350
Поговорим о прочитанном	360
Тема 5. Глобальные проблемы современного человечества	363
§ 1. Обратная сторона прогресса	363
§ 2. Истощение земных ресурсов	371
§ 3. Загрязнение окружающей среды	375
§ 4. Рост радиационной опасности	378
§ 5. Увеличение численности населения	382
§ 6. Пути выхода из кризиса	385
Поговорим о прочитанном	388
Заключение	390

**Д. А. Гусев, Е. Г. Волкова,
А. С. Маслаков**

**Естественнонаучная
картина мира**

© МПГУ, 2016

© Гусев Д. А., Волкова Е. Г., Маслаков А. С., 2016

* * *

Предисловие

Каждый человек живет в какую-либо историческую эпоху. Это может быть период Древнего мира, или Средних веков, или Нового времени и т. д. Понятно, что любая человеческая жизнь в значительной степени зависит от своей эпохи. Вообразим, что мы с вами живем не на рубеже XX–XXI вв., а, например, на рубеже X–XI вв. или на рубеже V–IV вв. до н. э. Такой ли была бы тогда наша жизнь, как сейчас? Конечно же, она была бы совершенно иной, в зависимости от того времени, в котором мы оказались. А всякая эпоха отличается какими-либо характерными чертами или особенностями. Например, Средние века – это период безраздельного идейного господства религии и церкви во всех областях жизни человека и общества; и случись нам жить примерно в XII–XIII вв. – время расцвета Средневековья, – все мы, наверное, нисколько не сомневались бы в существовании Бога, сотворении мира и зависимости каждой человеческой жизни от божественного промысла...

Случайно или нет, но нам выпало жить на рубеже XX–XXI вв. новой эры. Эту эпоху мы называем Новейшим временем или современностью. Каковы ее главные отличительные черты? Наверное, никто не будет спорить с тем, что в современную эпоху господствующие позиции в духовной культуре человечества занимает наука. Если бы мы сказали ев-

ропейцу, живущему в XIII в., что можно, не выходя из дома, видеть происходящее на другом конце земли или летать по небу в сотни раз выше и быстрее самых высоких и сильных птиц, или ходить по поверхности Луны, он сказал бы нам, что ничего подобного никогда и нигде не может быть. Для нас же все эти вещи настолько привычны и просты, так прочно вошли в нашу повседневную жизнь, что ничего необычайного и чудесного мы в них не видим.

Наука играет огромную роль в жизни современного человека, и он волей-неволей причастен к ней. Даже если он принципиально не будет нигде и ничему учиться, даже если специально не прочитает за свою жизнь ни одной страницы, нарочно оставаясь невеждой, он все равно будет знать в сотни раз больше, чем его далекие предки из первобытности, Древнего мира или Средних веков. Ему все равно будет хорошо известно, в отличие от них, почему меняются день и ночь, зима и лето, отчего идет дождь, сверкает молния и гремит гром. Человеку не придет в голову приписывать Солнцу, Луне и звездам свойства живых существ и т. д., и т. п. Даже если ему ненавистен прогресс науки и техники, он все равно никуда не может от него деться, ведь для этого ему надо было родиться в другое время, на несколько столетий или тысячелетий раньше. Но времена, как известно, не выбирают, и поэтому невозможно не считаться с той эпохой, в которую живешь. А поскольку облик современного мира во многом определяет наука, то невозможно не считаться и с

ней. Напротив, надо пытаться ее понять: чем она занимается, чем отличается от других форм духовной культуры, как устроена, каким образом развивается, каковы ее цели и задачи, возможности, перспективы и границы, какие достижения и победы, проблемы и поражения человечества с ней связаны, какую роль она играет и будет играть в жизни человека и общества. Такой общий взгляд на науку (имеется в виду прежде всего, конечно же, естествознание) и ее современное теоретическое и практическое состояние является содержанием этого учебного пособия, которое поможет вам закрепить и расширить свои познания в области естествознания.

Тема 1. Наука в духовной культуре

§ 1. Когда и где появилась наука?

Все, что нас окружает, можно мысленно разделить на две большие сферы: все, не созданное человеком (естественное), и все, им созданное (искусственное). Первую сферу мы, как правило, называем природой, а вторую – культурой. Как известно, культура, в свою очередь, также делится на две большие группы: материальную и духовную. Духовная культура существует в различных видах или формах, из которых основными являются наука, религия, искусство и философия. Эти формы духовной культуры сходны между собой в том, что с их помощью человек пытается ответить на бесчисленные вопросы, которые он, будучи существом разумным (*homo sapiens*), со времени появления на земле не устает себе задавать; а различие между ними заключается в том, что они исследуют различные объекты и используют разные методы.

Так, предметом науки является реально существующий физический мир, осваивая который, она стремится к высокой степени точности своих знаний, полагает необходимым все доказывать, а также экспериментировать, все глубже проникая в тайны природы, и извлекать из этого практическую пользу, увеличивая техническую мощь человека.

Предмет же религии – сверхъестественный (потусторонний, божественный) мир, который, с ее точки зрения, реально существует и определяет все земные события. Понятно, что в этом мире, в отличие от естественного, ничего не поддается эксперименту, а значит, невозможно ни доказать, ни опровергнуть его существование. А что же тогда возможно? Только бездоказательная иррациональная вера: произвольно, свободно, в силу одного только нашего желания верить в реальность Бога, бессмертной души и вечной жизни. Итак, религия, в отличие от науки, обращена не на естественный, а на сверхъестественный мир и базируется не на доказательстве, а на вере. Предметом искусства является внутренний, эмоциональный мир человека. В отличие от науки, искусство не стремится что-либо доказывать, а в отличие от религии, не призывает во что-либо безусловно верить. Оно базируется на выражении и передаче через художественные образы человеческих чувств, настроений, переживаний. Философия (в отличие от науки, религии и искусства) не ограничивается какой-либо одной сферой реальности и пытается охватить и естественный, и сверхъестественный, и внутренний, эмоциональный, мир человека. При этом в качестве средств освоения этих миров она признает и доказательное знание, и бездоказательную веру, и эстетическое чувство, отличаясь, как видим, от других форм духовной культуры более широким масштабом.

Но вернемся к науке. Как уже было сказано, наука – это

одна из форм духовной культуры, направленная на изучение реально существующего физического мира и базирующаяся на доказательстве. Кроме того, можно определить науку как особую сферу интеллектуальной деятельности людей, направленной на накопление, теоретическую систематизацию и ретрансляцию объективных знаний о природе, человеке и обществе.

Существуют различные классификации наук, причем самой распространенной из них является та, согласно которой все науки делятся на естественные (или естествознание) и социально-гуманитарные. Предметом естественных наук является природа, исследуемая астрономией, физикой, химией, биологией и другими дисциплинами; предмет социально-гуманитарных наук – человек и общество, изучаемые психологией, социологией, культурологией, историей и т. д. Причем, в естествознании выделяют специфический класс наук, называемых техническими, то есть наук, изучающих явления природы, имеющие особое значение для создания и развития техник, например: авиация, робототехника, криптография, баллистика и проч. Надо отметить, что такие науки, как математика, логика, информатика, иногда выделяют в отдельную группу, называя их абстрактными или формальными, а иногда причисляют к классу естественных наук.

Кроме того, принято выделять такие направления научных исследований, как: фундаментальные научные исследо-

вания (от лат. «fundare» – «основывать»), направленные на основательное, всестороннее изучение явлений физического мира и существующих между ними закономерностей для того, чтобы получить базовые знания о нем (например: фундаментальная физика или фундаментальная химия), и прикладные научные исследования, использующие достижения фундаментальных наук для создания и совершенствования технологий (например: прикладная физика или прикладная химия).

Если говорить о происхождении науки, то существует несколько точек зрения на время и место ее возникновения. Согласно одной из них она появилась еще в эпоху каменного века, около 2 млн лет назад, как первый опыт по изготовлению орудий труда и предметов утвари. Ведь для их создания требуется некоторое знание о различных природных объектах, которое практически используется, накапливается, совершенствуется и передается из поколения в поколение. Но в то время наука носила исключительно прикладной характер, и даже отдельных элементов теоретизации в ней не было.

Согласно другой точке зрения наука зародилась приблизительно в V–IV вв. до н. э. в Древней Греции, когда мышление начало становиться все более критическим, то есть стремилось в большей степени опереться на принципы и законы логики, а не на мифологические предания и традиции. Именно греки первыми обратили внимание не только на окружающий мир, но и на сам процесс его познания, на

мышление. Не случайно наука о формах и законах правильного мышления – логика Аристотеля – появилась именно в Древней Греции. Греки навели порядок в хаосе накопленных их восточными соседями знаний, решений, рецептов, придали им систематичность, упорядоченность и согласованность. Говоря иначе, они стали заниматься наукой не только практически, но и, в большей степени, теоретически. Первый образец научной теории – геометрия Евклида – появилась, как и логика Аристотеля, в Древней Греции. Евклидова геометрия, которой 2,5 тысячи лет, до сих пор не устаревает именно потому, что представляет собой безупречное теоретическое построение: из небольшого количества простых исходных утверждений (аксиом и постулатов), принимаемых без доказательства в силу их очевидности, выводится все многообразие геометрического знания. Конечно, теперь мы знаем, что и очевидные основания геометрии Евклида возможно оспаривать, однако в пределах истинности своих оснований-аксиом она по-прежнему несокрушима. Однако во времена античности наука не была самостоятельным типом мировоззрения, а существовала внутри философского знания.

Сторонники третьей точки зрения говорят о том, что наука появилась только в эпоху Нового времени, в XVI–XVII вв. Именно тогда она покинула лоно философии и превратилась в самостоятельную форму духовной культуры, уникальную сферу интеллектуальной деятельности людей. В науке начали широко применяться экспериментальные методы, и есте-

ствознание заговорило на языке математики. Кроме того, к этой эпохе относится и возникновение первых общественных научных организаций – Лондонского королевского общества и Парижской академии наук. Бурный рост науки начался именно в эту эпоху. А все основные научные достижения, с которыми имеет дело современный человек, приходятся на последние четыре столетия.

Однако успехи науки в период Нового времени все же являются весьма скромными по сравнению с теми высотами, на которые она поднялась к началу XXI столетия. Сегодняшняя наука охватывает огромную область знаний – около 15 тысяч дисциплин, которые в различной степени отдалены друг от друга. В XX–XXI вв. научная информация за 10 – 15 лет удваивается. Если в 1900 г. выходило около 10 тысяч научных журналов, то сейчас – несколько сотен тысяч. Число ученых по профессии в мире к концу XX в. достигло свыше 5 млн человек. Более 90 % всех важнейших достижений научно-технического уровня приходится на XX – начало XXI вв. 90 % всех ученых, когда-либо живших на земле, – наши современники. Кроме того, в настоящее время наука характеризуется не только небывалыми результатами, но и тем, что ныне она превратилась в мощную общественную силу, и во многом определяет облик современного мира.

§ 2. Особенности и критерии науки

Наука как самостоятельная форма духовной культуры характеризуется рядом специфических черт, отличающих ее от других форм духовной культуры. Перечислим наиболее важные особенности науки.

1. Наука изучает только то, что есть, то есть реально существует, присутствует, наличествует само по себе и независимо от нас. Ее не интересует, почему (в конечном итоге, в смысле первопричины) это есть, что могло бы быть, что должно (в силу наших представлений и желаний) быть и, особенно, – хорошо или плохо то, что есть. Например, если мы спросим физика, что такое закон всемирного тяготения, он, конечно же, без труда ответит на этот вопрос. Однако если мы спросим его, почему существует закон всемирного тяготения, откуда он взялся, что могло бы быть вместо него, хорошо или плохо существование такого закона и что-нибудь еще в этом роде, то он скажет, что эти вопросы не являются научными, то есть находятся вне компетенции науки, вне поля ее деятельности и сферы ее интересов. Неверным было бы утверждение о том, что наука не может ответить на данные вопросы, ведь если кто-то не может ответить на некий вопрос, это значит, прежде всего, что он этим вопросом задается, интересуется, стремится найти на него ответ. Наука же принципиально не отвечает на такие вопросы, не задает-

ся, не интересуется ими или игнорирует их. Они находятся в ведении философии или религии, но не науки. Здесь могут сказать, что она сама себя ограничивает, преднамеренно сужая поле своей деятельности. Это действительно так. Наука не претендует на всеохватность и не стремится обрести абсолютную истину, ответив на все возможные вопросы. Но во многом благодаря этому сознательному самоограничению она с успехом решает те проблемы, которые перед собой ставит, и добивается больших результатов на том поприще, которое она выбирает.

2. Наука базируется, как уже говорилось, на доказательстве, то есть для нее имеет смысл только то, что можно подтвердить или опровергнуть. Если же некие положения (утверждения) невозможно ни подтвердить, ни опровергнуть, то они не имеют для науки никакого интереса, она ими не занимается. Обратим внимание на то, что и подтвердить, и опровергнуть означает доказать. Довольно часто термины «доказательство» и «подтверждение» воспринимаются как синонимы, что неверно. Подтверждение – это разновидность доказательства. Другой его разновидностью является опровержение. Подтвердить – это значит доказать истинность какого-либо тезиса, утверждения, положения, а опровергнуть – доказать его ложность. Опираясь на доказательство, научное знание характеризуется логической выводимостью одних положений из других, а также систематичностью, упорядоченностью и согласованностью.

3. Наука стремится к большой степени точности и объективности своих утверждений, то есть их общеобязательности и общепризнанности. Она стремится минимизировать субъективный элемент в своих построениях, добиться того, чтобы ее выводы и результаты были одинаково убедительными для всех людей, независимо от их личных особенностей, желаний, пристрастий и предпочтений (то есть всего субъективного).

В отличие от научных знаний, философские и религиозные идеи тесно связаны с факторами субъективного предпочтения. Например, некий философ-материалист считает первоначалом мира вечную и бесконечную материю (условно говоря – мировое вещество), одной из форм которой является разумный человек, отличающийся от всех других объектов мироздания духовной жизнью, вторичной, таким образом, по отношению к материи. Другой же мыслитель, идеалист, утверждает, что вечно существует и является первоначалом всего вовсе не материя, а нечто идеальное, духовное (Бог, Мировой разум, Абсолютная идея и т. п.), которое как бы разворачивается и воплощается во все объекты материального мира, вторичного, таким образом, по отношению к духу. Ни подтвердить, ни опровергнуть наверняка ту или другую точку зрения невозможно. Поэтому человеку ничего не остается, кроме как, по крупному счету, верить или не верить в то, что мир устроен так или иначе. Поэтому одни, в силу своих предпочтений, будут согласны с материалиста-

ми, а другие – с идеалистами. Такова, во многом, специфика философских идей.

Иначе обстоит дело с научными знаниями. Например, трудно не согласиться с тем, что два физических тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними. Несмотря на субъективные предпочтения, каждый вынужден признать справедливость ньютоновского вывода о всемирном тяготении хотя бы потому, что постоянно испытывает на себе последнее и никуда не может от него деться. Обратите внимание, вполне можно сказать: «Я не согласен с тем, что первоначалом мира является материя, скорее всего в основе мироздания лежит дух...», но можно ли сказать: «Я не согласен с тем, что Земля шарообразна и вращается вокруг Солнца, по моему мнению, она плоская, а Солнце вращается вокруг нее?»

4. Поскольку наука стремится к большой степени точности своих результатов, ей необходим строгий и однозначный язык, который четко фиксирует смысл и значение понятий. Естественный язык, то есть тот, на котором мы говорим, читаем и пишем, малопригоден для этого, так как он содержит в себе множество предпосылок для неясности, неопределенности, неточности и размытости того содержания, которое может быть с помощью него выражено. Понятно, почему наука пользуется не естественным, а искусственным языком. Что он собой представляет? Формулы, уравнения, условные

обозначения, символы и т. п. В отличие от естественного языка, последний намного более точен и строг, неясность и неопределенность в нем почти исключены. Кроме того, искусственный язык намного компактнее естественного и является международным. Ученые всех стран могут общаться между собой на языке формул и уравнений без особенных затруднений, языковых барьеров, неизбежных при использовании естественного языка.

5. Помимо всего прочего наука также характеризуется тем, что интересуется не только окружающим человека миром, но и самим процессом его исследования. Она уделяет пристальное внимание методам познания природы, выделяясь среди других форм общественного сознания тем, что в ней методы получения нового знания стали предметом самостоятельного анализа. В настоящее время даже появилась самостоятельная научная дисциплина – «методология научного познания». Методология науки – это учение о научных методах, или теория методов. Наука критически рассматривает уже имеющиеся методы, продумывает пути более эффективного их использования, ищет новые методы, исследует саму процедуру их выработки и т. д. Методы познания – это инструменты науки. Образно говоря, она постоянно проверяет и перепроверяет свои инструменты: наводит порядок в старых, совершенствует их или заменяет более качественными, приобретает новые, учится ими пользоваться и т. д., и т. п. Всему этому и посвящена методология науки.

По большому счету человека всегда интересовали два вопроса: что такое какая-то реальность и как с ней обращаться. Метод дает ответы на вопросы второго типа, и во многих случаях именно эти ответы имеют решающее значение. Когда человек вооружен методом, он отчетливо видит путь реализации стоящих перед ним задач, знает, как следует совершить требуемое действие, и, скорее всего, достигнет желаемого результата. Строгость и точность научного знания, его систематичность и упорядоченность, а также значительные достижения науки во многом обусловлены тем, что одним из объектов ее исследования являются методы, с помощью которых она осваивает окружающий мир и проникает в тайны природы.

Таковы основные особенности науки. Теперь рассмотрим ее критерии, то есть такие признаки или показатели, с помощью которых можно отличить научное знание от псевдонаучного. Дело в том, что науку на протяжении всей ее истории сопровождала паранаука – совокупность различных идей и учений, только по внешним, формальным признакам сходных с научными, а на самом деле не имеющих с ними ничего общего, а также претендующих, как правило, на приобщенность к некоему якобы тайному знанию, которое доступно немногим. Например, все хорошо знают, что такое астрономия и что такое астрология. Первая представляет собой науку, вторая – пара-науку. Однако, к сожалению, многие и по сей день воспринимают ее как науку и относятся к ней впол-

не серьезно. Как астрология сопровождала астрономию, так химию сопровождала алхимия, а арифметику – нумерология (якобы наука о том, что между числами, выражающими количество букв в имени, фамилии, а также час, день, месяц, год рождения и т. п., и человеческими судьбами существует некая тайная связь, которую возможно постичь с тем, чтобы каким-то образом воздействовать на ход вещей). И если алхимия ушла в прошлое, то астрология и нумерология процветают поныне, равно как и иные паранауки, среди которых хиромантия, физиогномика, парапсихология, уфология и другие. Паранаучное знание также можно назвать псевдонаучным, лженаучным или околонучным. Греческая приставка «пара» переводится на русский язык как «около», то есть «околонучное» и «паранаучное» – это одно и то же... Сопровождая науку на протяжении всей ее истории, паранаука обычно маскировалась под нее, прикрывалась ее заслуженным авторитетом. Поэтому наука выработала два критерия, на основании которых можно отграничить научное знание от паранаучного.

Принцип верификации (от лат. *verus* – истинный и *facere* – делать), в силу которого только то знание является научным, которое можно подтвердить (так или иначе, прямо или косвенно, раньше или позже). Этот принцип был предложен известным английским философом и ученым XX в. Бертрамом Расселом. Однако для того, чтобы отличить науку от паранауки, одного только принципа верификации недостаточ-

но: паранаука иногда так ловко и хитро выстраивает свои аргументы, что вроде бы все, о чем она говорит, подтверждается. Поэтому принцип верификации дополняется вторым критерием, который был предложен крупным австрийским и британским философом XX в. Карлом Поппером. Это принцип фальсификации (от лат. *false* – ложь и *facere* – делать), в силу которого только то знание является научным, которое можно (так или иначе, прямо или косвенно, раньше или позже) опровергнуть. На первый взгляд принцип фальсификации звучит странно: понятно, что научное знание можно подтвердить, но как понимать утверждение, по которому его можно опровергнуть. Дело в том, что наука постоянно развивается, идет вперед: старые научные теории и гипотезы заменяются новыми, опровергаются ими; поэтому в науке важна не только подтверждаемость теорий и гипотез, но и их опровержимость. Например, с точки зрения древней науки, центром мира является Земля, а Солнце, Луна и звезды движутся вокруг нее. Это было именно научное представление, которое существовало и «работало» примерно две тысячи лет. В его рамках велись наблюдения, делались открытия, составлялись карты звездного неба, рассчитывались траектории небесных тел. Однако со временем такое представление устарело: накопленные факты начали противоречить ему, и в XV в. появилось новое объяснение мирового устройства, по которому в центре Вселенной находится Солнце, а Земля вместе с другими небесными телами движется вокруг него.

Такое объяснение, конечно же, опровергало древнее представление о Земле как центре мира, но от этого оно вовсе не переставало быть научным, а наоборот, оставалось им, лишь для своего времени.

Если принцип верификации, взятый в отдельности, паранаука, в своем стремлении замаскироваться под науку, может обойти, то против двух принципов вместе (верификации и фальсификации) она бессильна. Представитель паранауки, конечно же, может сказать: «В моей науке все подтверждается». Но сможет ли он сказать: «Мои идеи и утверждения когда-либо будут опровергнуты и уступят место новым, более верным представлениям»? В том-то и дело, что не сможет. Вместо этого он скажет примерно следующее: «Моя наука древняя и тысячелетняя, она впитала в себя мудрость веков, и в ней ничто не подлежит опровержению». Когда он утверждает, что его идеи неопровержимы, он тем самым, по принципу фальсификации, объявляет их псевдонаучными. В отличие от него представитель науки, ученый, признает как подтверждаемость на настоящий момент, так и будущую опровержимость своих идей. «Мои утверждения, – скажет он, – подтверждаются ныне так-то и тем-то, но пройдет время, и они уступят место новым представлениям, более основательным и более верным». Паранаука не может обойти принцип фальсификации, потому что она, в отличие от науки, не развивается. Сравнив достижения науки за 2,5 тысячи лет с результатами паранауки, мы увидим, что успехи

первой колоссальны, в то время как второй «похвастаться» нечем. Современные представители паранауки говорят человеку примерно то же самое (поменялась форма, но не содержание), что и древние шаманы, маги и колдуны.

Итак, если какое-то знание нельзя ни верифицировать (подтвердить), ни фальсифицировать (опровергнуть), то оно является псевдонаучным, лженаучным, околонаучным, или паранаучным, но в любом случае, не научным.

§ 3. Структура научного познания

В структуре научного познания принято выделять два тесно связанных между собой уровня, или два этапа: эмпирический уровень (от греч. *empeiria* – опыт), на котором осуществляется накопление разнообразных фактов (реально происходящих конкретных процессов или явлений), наблюдаемых в природе; теоретический уровень (от греч. *theoria* – мысленное созерцание, умозрение), на котором осуществляется объяснение накопленных фактов. На теоретическом уровне научное знание существует в таких формах, как: проблема, гипотеза, закон и теория. Проблема содержит в себе то, что еще не познано человеком. Ее можно назвать своего рода «знанием о незнании». Появляется она в том случае и в тот момент, когда обнаруживается новый факт (или факты), не поддающийся объяснению в системе имеющегося знания. Гипотеза – это предположение, как правило, научного характера, выдвигаемое с целью объяснения каких-либо объектов, явлений, событий и т. п. От простого предположения, например догадки, гипотеза отличается большей сложностью и обоснованностью. Закон служит для выражения важных, необходимых и повторяющихся связей между явлениями и внутри них в форме теоретических утверждений (как на естественном, так и на математическом языке). Теория представляет собой целостную, обобщенную,

непротиворечивую систему знаний, в которой раскрываются существенные связи и отношения, имеющиеся между элементами изучаемой реальности. При этом данные отношения описываются с помощью системы законов. Обратим внимание на то, что удачность какой-либо теории определяется не только численностью фактов, которые вписываются в нее (или выводятся из нее), но и количеством теоретических средств, которые для этого привлекаются. Теория является тем более эффективной и тем на более длительный срок определяет развитие какой-либо области научного знания, чем более малыми теоретическими средствами она не только объясняет по возможности больший круг явлений, но и предсказывает феномены, еще не обнаруженные.

Надо заметить, что иногда можно услышать ошибочное утверждение о том, что теория вытекает из фактов, или, иначе говоря, что с первого «этажа» научного познания (эмпирического) на второй (теоретический) есть плавный переход в виде некой удобной «лестницы». В действительности все обстоит иначе и сложнее. Теория не вытекает из фактов по той причине, что они сами по себе ничего не говорят и ни о чем не свидетельствуют. Часто к слову «факты» применяется эпитет «голые». Наверняка все сталкивались со словосочетанием «голые факты», но многие ли задумывались над тем, что оно означает? По всей видимости, данное понятие указывает на то, что факты безмолвны и из них ничего не вытекает, кроме самих фактов. Например, существует постоян-

но наблюдаемый нами факт медленного дневного движения Солнца по небосводу с востока на запад. О чем он говорит? О том, что Солнце вращается вокруг неподвижной Земли? Или может быть о том, что, наоборот, Земля вращается вокруг неподвижного Солнца? Или же о том, что и Солнце, и Земля вращаются друг относительно друга? А может быть, не о том и не о другом, и не о третьем, а о чем-то еще? Как видим, на один факт приходится несколько различных и даже взаимоисключающих объяснений. Однако если бы объяснение фактов или теория вытекали непосредственно из них, то никаких разногласий не было бы: одному факту строго соответствовало бы только одно определенное объяснение.

Если теория вытекает не из фактов, тогда откуда она берется? Теория выдвигается человеческим разумом и применяется (прикрепляется) к фактам с целью их объяснения. Причем первоначально разум создает не теорию, а гипотезу. В том случае, если гипотеза согласует между собой факты, свяжет их в единую картину и даже предвосхитит обнаружение новых, еще не известных фактов, то она превратится в теорию и на долгое время займет господствующие позиции в том или ином разделе научного знания. Если же, наоборот, гипотезе не удастся согласовать между собой все имеющиеся в какой-либо области действительности факты и связать их в единую картину, то она будет отброшена и заменена новой гипотезой. Точно ответить на вопрос, почему некий ученый выдвигает для объяснения каких-нибудь фактов именно та-

кую гипотезу, а не иную, не возможно, потому что ее создание – это во многом интуитивный акт, представляющий собой тайну научного творчества. Только после соотнесения гипотезы с фактами выясняется ее большая или меньшая состоятельность, происходит ее подтверждение или опровержение. Как уже говорилось, гипотеза может объяснять факты более или менее удачно, и именно от этого будет зависеть ее дальнейшая судьба.

Итак, научное познание состоит из двух «этажей»: нижнего – эмпирического и верхнего – теоретического. Причем второй «этаж», будучи надстроенным над первым, должен без него рассыпаться: теория для того и создается, чтобы объяснить факты (если их нет, то и объяснять нечего). Теоретический уровень познания не возможен без эмпирического, но это не означает, как уже говорилось, что теория вытекает из фактов. При всей взаимосвязи этих двух уровней, они тем не менее достаточно автономны: между нижним и верхним «этажами» научного познания не существует прямой и удобной «лестницы», попасть с одного на другой можно только «прыжком» или «скачком», который представляет собой не что иное, как выдвижение гипотезы с ее последующим подтверждением и превращением в теорию или же – опровержением и заменой новой гипотезой.

Для каждого из уровней научного познания характерны свои методы (способы или пути достижения поставленной цели). К методам эмпирического уровня относятся:

наблюдение (целенаправленное восприятие объектов, явлений, процессов в естественных для них условиях), описание (процесс и результат закрепления и передачи информации об исследуемом), измерение (познавательная операция, результатом которой является получение численного значения измеряемых величин), эксперимент (контролируемый и воспроизводимый опыт, имеющий познавательный, целенаправленный, методический характер и проводящийся в специально заданных условиях).

На теоретическом уровне используются такие методы, как: идеализация (процедура мысленного конструирования идеального (нематериального) объекта, например, для проведения мысленного эксперимента), формализация (построение абстрактных математических моделей, раскрывающих сущность изучаемых объектов, явлений или процессов физической реальности), аксиоматический метод (построение теоретического знания на базе изначально заданного набора исходных положений, не требующих доказательства), исторический метод (всестороннее исследование истории изучаемого феномена с последующим установлением на ее основе общей закономерности), логический метод (изучение чего-либо не в исторической перспективе, а на высших стадиях его развития).

Кроме того, существуют методы, в целом присущие человеческому познанию, на основе которых строится не только научное, но и философское, и даже обыденное знание. Их

называют универсальными методами познания. К ним относятся: анализ (прием мышления, подразумевающий разделение целого на составляющие его части с последующим всесторонним их изучением), синтез (прием мышления, представляющий собой соединение ранее выделенных частей чего-либо в единое целое), абстрагирование (прием мышления, суть которого в отвлечении от одних свойств и отношений исследуемого с одновременным выделением других свойств и отношений, интересующих в данный момент познающего), обобщение (прием мышления, в результате которого устанавливаются общие свойства и признаки объектов), моделирование (метод исследования объекта путем создания и изучения его модели), индукция (метод исследования, способ и результат рассуждения, в котором общий вывод строится на основе частных случаев), дедукция (метод исследования, способ и результат рассуждения, посредством которого из общего положения (положений) выводится заключение для частного случая), аналогия (метод исследования, способ и результат рассуждения, при котором на основе сходства объектов в одних признаках делается вывод об их сходстве в других).

Наряду с универсальными и общенаучными методами (эмпирическими и теоретическими) существуют так называемые узкоспециализированные (конкретно научные) методы, разрабатываемые, применяемые и совершенствуемые не во всех абсолютно науках, а только в отдельных научных

дисциплинах, например: метод спектрального анализа в химии или астрономии, метод кольцевания (метод «маячка») в биологии, интервьюирование в социологии или психологии и т. п. Конечно, эти методы не оторваны от универсальных и общенаучных, а содержат в себе в различных сочетаниях и те, и другие. Причем, специфика их сочетания и использования зависит от условий исследования и природы изучаемых феноменов физической реальности.

Большая часть современного научного знания построена с помощью гипотетико-дедуктивного метода, предполагающего выполнение алгоритма, который состоит из четырех звеньев: 1) обнаруживаются определенные факты, относящиеся к какой-то области действительности; 2) выдвигается первоначальная гипотеза, обычно называемая рабочей, которая на основе некоей регулярности или повторяемости найденных фактов конструирует наиболее простое их объяснение; 3) устанавливаются факты дополнительные, в том числе и те, которые не встраиваются (не вписываются) в это объяснение; 4) с учетом выпадающих из первоначального объяснения фактов создается новая, более разработанная, или научная гипотеза, которая не только согласует все имеющиеся эмпирические данные, но и позволяет предсказать получение новых, или, говоря иначе, из которой можно вывести (дедуктировать) все известные факты, а также указание на неизвестные (то есть пока не открытые).

Например, при скрещивании растений с красными и бе-

лыми цветками у получающихся гибридов цветки чаще всего бывают розовыми. Это обнаруженные факты, на основе которых можно предположить (создать рабочую гипотезу), что передача наследственных признаков происходит по принципу смешивания, то есть родительские признаки переходят к потомству в некоем промежуточном варианте (такие представления о наследственности были распространены в первой половине XIX в.). Однако в это объяснение не вписываются другие факты. При скрещивании растений с красными и белыми цветками, пусть не часто, но все же появляются гибриды не с розовыми, а с чисто красными или белыми цветками, чего не может быть при усредняющем наследовании признаков: смешав, например, кофе с молоком, нельзя получить черную или белую жидкость. Для того чтобы вписать эти факты в общую картину, требуется какое-то иное объяснение механизма наследственности, необходимо изобретение другой, более совершенной (научной) гипотезы. Как известно, она была создана в 60-х гг. XIX в. австрийским ученым Грегором Менделем, который предположил, что наследование признаков происходит не путем их смешивания, а наоборот, посредством разделения. Наследуемые родительские признаки передаются следующему поколению с помощью маленьких частиц – генов. Причем за какой-либо признак отвечает ген одного из родителей (доминантный), а ген другого родителя (рецессивный), также переданный потомку, никак себя не проявляет. Вот почему при скрещива-

нии растений с красными и белыми цветками в новом поколении могут быть или только красные, или только белые цветки (один родительский признак проявляется, а другой подавляется). Но почему появляются также растения с розовыми цветками? Потому что нередко ни один из родительских признаков не подавляется другим, и оба они проявляются у потомков. Эта гипотеза, столь удачно объяснившая и согласовавшая между собой различные факты, превратилась впоследствии в стройную теорию, положившую начало развитию одной из важных областей биологии – генетики.

§ 4. Всесильна ли наука?

Границы научного познания

В начале эпохи Нового времени, когда наука отделилась от философского знания, превратившись в самостоятельную форму духовной культуры, с ней связывали большие надежды, ожидая от нее решения чуть ли не всех проблем человечества. Тогда казалось, что она всесильна, и в скором времени научное познание, нигде не встречая преград, проникнет во все тайны природы и достигнет исчерпывающего знания о мире, на основе которого станет возможным всеобщее благоденствие. XVIII в. вошел в историю под названием «века Просвещения». Философы и ученые этого периода потому и стали называться просветителями, что в числе их основных идей было утверждение, по которому все человеческие проблемы и несчастья связаны с недостаточным количеством знаний, с малой просвещенностью людей. Надо приумножить знания с помощью науки, считали они, просветить умы, и тогда жизнь обязательно изменится к лучшему. В XIX в. восторженных ожиданий стало меньше: наука явно не справлялась с возлагаемыми на нее надеждами по достижению всеобщего процветания. Знаний было накоплено немало, люди стали значительно более просвещенными по сравнению с предыдущими столетиями, а жизнь не менялась к лучшему. Если в XIX в. люди всего лишь усомнились

в неограниченных возможностях науки, то в настоящее время говорят о ее фундаментальных границах, то есть о таких, которые она не сможет преодолеть никогда.

Первая граница обусловлена объектами и методами научного познания. Выше говорилось о том, что наука изучает только нечто уже данное, существующее и опирается на доказательство, то есть включает в сферу своего внимания то, что можно подтвердить или опровергнуть. Понятно, что при этом огромное количество вопросов и проблем, причем очень широких и важных (например, откуда произошел мир, реальностью или иллюзией он является, такой ли он на самом деле, каким мы его видим, материя или дух лежит в основе всего, кто такой человек, и в чем смысл его жизни и т. п.), остается вне сферы ее интересов. Она принципиально не задается этими вопросами и никогда не будет искать ответы на них. Понятно, что, если бы наука занималась подобными вопросами, она не была бы наукой. Получается, что данная ограниченность – это ее неотъемлемый признак, без которого она не будет самою собой. Поэтому она и является всего лишь одной из форм духовной культуры, наряду с другими ее формами, наиболее важные из которых – это философия, религия и искусство. Занимаясь только тем, что есть наука включает в поле своего зрения все, что так или иначе поддается наблюдению, описанию, измерению, вычислению и т. д., и предпочитает иметь дело с точными понятиями.

Вторая граница науки порождается ее инструментальным

характером. За время своего существования наука добилась колоссальных результатов и ответила на огромное количество вопросов. Теперь она знает, как добраться до Луны или Марса, как создать искусственный интеллект и даже как клонировать самого человека. Однако, будучи в состоянии ответить на эти и множество других сложных вопросов, наука никогда не сможет ответить на один, с виду очень простой и бесхитростный вопрос: «Зачем все это нужно (добраться до Марса, создавать искусственный интеллект, клонировать живые организмы и т. д.)?» На этот вопрос может ответить только человек, наделенный свободой воли, то есть свободой выбора между добром и злом; а наука всегда будет оставаться пассивным инструментом в его руках, который можно использовать как в благих, созидательных, так и в дурных, разрушительных целях.

Третья граница науки обуславливается специфическим характером научного познания, которое имеет одну важную и примечательную черту: чем больше наука открывает, тем большим становится количество принципиально невозможных вещей, то есть тем больше она «закрывает». Например, после того как был сформулирован закон сохранения энергии, суть которого в том, что в изолированной физической системе энергия ниоткуда просто так не берется и никуда просто так не пропадает (она может перейти в работу), стало понятно, что создание «вечного двигателя» (такой закрытой физической системы, в которой постоянно появляется все

новая и новая энергия) невозможно (только во второй половине XVIII в. Парижская академия наук приняла постановление не рассматривать более проектов вечного двигателя). Кстати говоря, под энергией в науке понимается способность физического объекта совершать работу, то есть его способность перемещать массу на конкретное расстояние, воздействуя на нее с определенной силой.

Еще один пример, иллюстрирующий данную границу науки: теория относительности, созданная Альбертом Эйнштейном, наложила строжайший запрет на превышение скорости света, а следовательно, и закрыла человечеству путь в глубокий космос. Уже упоминавшийся нами философ Карл Поппер даже утверждал, что, чем больше некая теория что-то запрещает, тем она лучше. Открывая человеку большие возможности, наука одновременно показывает и области невозможного. Причем, чем более она развита, тем больше «площадь» запрещенных областей.

Четвертая граница науки связана с возрастом человечества. По современным научным представлениям Вселенная существует приблизительно 13,8 млрд лет, а человек современного типа – примерно 40 тыс. лет. Первые цивилизации появились приблизительно 5 тыс. лет назад, а возраст науки, как уже говорилось, насчитывает всего 2,5 тыс. лет. Срок жизни человечества и время существования науки неизмеримо малы на фоне возраста Вселенной, ведь 13,8 млрд лет по сравнению с 40 тыс. лет – это почти бесконечность. По-

нятно, что если бы человек прожил намного больше, и его возраст был бы хоть как-то сопоставим с возрастом Вселенной (например, 1 млрд лет вместо 40 тыс.), то он и знал бы о ней намного больше, чем знает сейчас. Иначе говоря, сколько бы еще человек ни прожил и сколько бы ни накопил научных знаний, все равно срок его жизни и все его знания по отношению к возрасту Вселенной будут оставаться ничтожно малыми.

Пятая граница науки определяется природой человека. По современным научным представлениям окружающая нас действительность подразделяется на три большие области, или сферы.

Первая из них называется макромиром (от греч. *makros* – большой). Это то, что повседневно нас окружает. Расстояния в макромире измеряются миллиметрами, сантиметрами, метрами и километрами, а время – секундами, минутами, часами, месяцами и годами. Однако, по современным представлениям, помимо макромира есть еще две области природы. Одна из них – это микромир (от греч. *mikros* – маленький) – сфера необычайно малых объектов – атомов и элементарных частиц, где расстояния измеряются величинами от 10^{-8} до 10^{-16} см, а время жизни от почти бесконечности до 10^{-24} с. Для пояснения скажем, что 10^{-10} см – это величина, равная одной миллиардной части миллиметра, то есть если один миллиметр на Вашей линейке Вы мысленно разделите

на миллиард частей, то одна такая часть будет равна 10^{-10} см. Величина 10^{-16} см в миллион раз меньше, чем 10^{-10} см, то есть для того, чтобы представить себе величину 10^{-16} см, надо один миллиметр поделить на миллион миллиардов частей и мысленно представить себе одну эту часть. Она будет равна 10^{-16} см. Что касается временных промежутков, то 10^{-9} с, например, – это одна миллиардная часть секунды. Другая область природы – это мегамир (от греч. *megas* – огромный) – сфера колоссальных космических расстояний и громадных временных промежутков. Расстояния в нем измеряются световыми годами, а время существования различных объектов – миллионами и миллиардами лет. Например, ближайшая к нам галактика – туманность Андромеды – находится от нас на расстоянии приблизительно 2 700 000 световых лет. Это значит, что для достижения этой галактики нам надо 2 700 000 земных лет (а один земной год, как известно, – это 365 дней) лететь к ней со скоростью света – 300 000 километров в секунду.

Человек родом из макромира, или, говоря иначе, он обладает макроприродой, и поэтому ему довольно трудно исследовать то, что происходит как в микромире, так и в мегамире, ведь для полноценного постижения этих областей ему надо быть, условно говоря, размером с электрон или с галактику. Но неужели современная наука не изучает микро- и мегамир, спросите Вы. Конечно же, изучает, но не так

успешно и эффективно, как макромир. Насколько благополучно обстоят дела в изучении последнего, настолько же с малыми результатами продвигается естествознание в освоении двух других областей природы. Насколько много существует твердых положений и точных теорий, посвященных макромиру, настолько же мало в науке чего-либо надежно установленного и общепризнанного, относящегося к микро- и мегамиру.

Человек познает природу с помощью мышления, а полученные им знания находят свое выражение в языке. Таким образом, мышление и язык – это инструменты познания. Однако человек неизбежно обладает макромышлением и макроязыком. И с этими макроинструментами он пытается исследовать микро- и мегаобласти окружающего мира. Получается, что инструмент познания не соответствует его объектам. Приведем аналогию: Вам предлагают покрасить шестнадцатизэтажный дом... акварельной кисточкой или, наоборот, нарисовать маленькую акварельную картинку размером 5×5 сантиметров с помощью... малярного валика. Понятно, что и в том, и в другом случае ничего не получится именно по причине несоответствия объектов и направленных на них инструментов. Здесь могут возразить, что существует универсальный язык для описания каких угодно объектов – язык математики, который, будучи предельно абстрактным, вполне может быть одним из эффективных инструментов для освоения микро- и мегамира. Однако и математика ро-

дом из привычного нам макромира, ведь она родилась из практических потребностей и интересов, которые, конечно же, имеют макроприроду.

§ 5. Общие модели развития науки

До XX в. считалось, что наука развивается плавно, постепенно, эволюционно: год за годом накапливаются новые факты, делаются научные открытия, приумножаются теории, в результате чего люди узнают о природе все больше и больше. Рост научного знания, по этим представлениям, можно условно сравнить с постепенным подъемом уровня жидкости в сосуде, в который она непрерывно наливается: с каждой секундой этот уровень становится все выше. Такую модель развития науки философы и ученые называют «кумулятивной» (от лат. *sumulo* – накапливаю). Однако в XX в. представление радикально изменилось: теперь считается, что в развитии науки есть не только постепенное накопление знания и его своего рода эволюция, которая выражается в постепенности, плавности и последовательности, но и революции, то есть кризисы, обвалы, скачки, перестройки и т. п. Сам же процесс, сама история развития науки понимается как смена научных картин мира.

Термин «научная картина мира» означает систему научных представлений об общих принципах и законах устройства мироздания, включающую в себя множество теорий, в совокупности своей описывающих известную человеку физическую реальность. При этом принято выделять как общенаучную картину мира, включающую систематизирован-

ное и обобщенное знание, полученное в различных областях науки, так и отдельно естественнонаучную (система общих представлений о природе) и социально-гуманитарную картины мира (система общих представлений о человеке и обществе). В отдельных областях науки также можно выделить как конкретно научные картины мира (например, физическая картина мира или химическая картина мира), так и специальные (частные, локальные) научные картины мира отдельных отраслей науки (например, механическая картина мира).

Но вернемся к моделям развития науки. Наибольшую известность приобрели в XX в. модели американского философа Томаса Куна и британского философа Имре Лакатоса. С точки зрения Куна, развитие науки представляет собой смену научных парадигм. Парадигма, в широком смысле слова, – это совокупность каких-либо идей, взглядов, положений и т. п. Научная парадигма представляет собой систему наиболее общих, широких научных представлений об окружающем мире. Та или иная парадигма какое-то время господствует в науке, определяет направление ее развития; в рамках парадигмы накапливаются факты, делаются научные открытия, создаются новые теории. Содержание научной парадигмы отражено в трудах крупнейших ученых и учебниках, а основные ее идеи проникают даже в массовое создание через научно-популярную литературу. Причем во время господства той или иной парадигмы ее положения

признаются и разделяются всеми представителями научного сообщества: никто, как правило, не сомневается в ее верности и эффективности. Кстати, отправным пунктом размышлений Куна над проблемами эволюции науки стал отмеченный им любопытный факт: ученые-обществоведы и гуманитарии славятся своими разногласиями по фундаментальным вопросам, исходным основаниям своих теорий, в то время как представители естествознания по такого рода проблемам дискутируют редко, большей частью в периоды так называемых кризисов в их науках. В обычное же время они относительно спокойно работают и как бы молчаливо поддерживают неписаное соглашение: пока храм науки не шатается, качество его фундамента не обсуждается. Возможно, в этом заключается одна из причин большой результативности естественных наук и весьма скромных достижений гуманитарных: первые, построив фундамент, давно приступили к сооружению самого здания, а вторые в основном занимаются только тем, что постоянно строят и перестраивают фундамент.

В естествознании также случаются перестройки фундамента научного знания, но крайне редко. Это происходит тогда, когда очередная парадигма устаревает, то есть уже с трудом справляется с объяснением новых фактов, утрачивает прежнюю широту научного видения мира, начинает тормозить дальнейшее поступательное развитие науки. В этом случае происходит научная революция, и старая парадигма

заменяется новой. Причем появляется несколько альтернативных вариантов новой парадигмы, и прогрессивное научное сообщество выбирает одну из них, как считает Кун, во многом стихийно, случайно, немотивированно, или иррационально, то есть не на основе логики и жесткого расчета, а в большей степени на основе ощущения, наития, интуиции. Переходы от одной научной парадигмы к другой Кун сравнивал с обращением людей в новую веру: мир привычных объектов предстает в совершенно ином свете благодаря решительному пересмотру исходных объяснительных принципов. Аналогия с обращением в новую веру понадобилась ему для того, чтобы подчеркнуть, что смену парадигм нельзя объяснить строго рационально, то есть с помощью одной только логики. Утверждение новой парадигмы осуществляется в условиях мощного противодействия сторонников прежней. Причем, новаторских подходов, как уже говорилось, может оказаться несколько. Поэтому выбор принципов, которые составят будущую успешную парадигму, осуществляется учеными не столько на основании логики или под давлением эмпирических фактов, сколько в результате внезапно-го озарения, просветления, иррациональной веры в то, что окружающий мир устроен так, а не иначе.

Другую общую модель развития науки предложил британский ученый Имре Лакатос. Она в общих чертах похожа на модель Куна, однако имеет одно принципиальное отличие от нее. По Лакатосу смена парадигм, или, по его словам, науч-

но-исследовательских программ, происходит не стихийно, а рационально, то есть на основе жестких логических критериев. Итак, вместо термина «парадигма» Лакатос употребляет термин «научно-исследовательская программа». Также он говорит об определенной структуре такой программы, включающей в себя три элемента.

1. Жесткое ядро – это основные, или базисные, положения (идеи) научно-исследовательской программы, которые подвергаются сомнению в последнюю очередь. Например, для геоцентрической научно-исследовательской программы (модели, парадигмы) главным положением является идея о том, что неподвижная Земля находится в центре окружающего мира, а все небесные тела вращаются вокруг нее.

2. Негативная эвристика (от лат. *negativus* – отрицательный и греч. *heurisko* – находить) – это своеобразный «защитный пояс» для «жесткого ядра», представляющий собой предположения и допущения, которые призваны преодолеть противоречия, возникающие между ним и какими-либо вновь обнаруженными фактами. Например, с точки зрения геоцентрического представления все небесные тела должны совершать для земного наблюдателя одни и те же движения с одинаковыми траекториями: ведь Земля неподвижна, а они вращаются вокруг нее. Однако наблюдение показывает, что небесные тела движутся по-разному: одни из них имеют правильные круговые траектории, другие совершают странные петлеобразные движения. Таким образом, между «жестким

ядром» геоцентризма и фактами есть противоречие. Понятно, что при этом никто не ставит под сомнение геоцентрическую модель и не предполагает, что Земля находится не в центре всего, а тоже движется вокруг какого-то другого центра. Вместо этого можно предположить, что некачественно проведено наблюдение, присутствуют некие возмущающие факторы, которые искажают ту картину вещей, которую мы должны видеть, а также в иных случаях – неточны измерения, ошибочны расчеты и т. п.

3. Позитивная эвристика (от лат. *positivus* – положительный и греч. *heurisko* – находить) – это создание таких положений и идей, которые направлены на изменение и развитие «опровержимых вариантов» научно-исследовательской программы или, говоря иначе, на своего рода улучшение, совершенствование, модернизацию ее «жесткого ядра». Например, создатель геоцентрической модели Птолемей, пытаясь объяснить разницу в траекториях небесных тел, говорил, что одни из них непосредственно движутся вокруг Земли по своим орбитам, а другие совершают двойное движение. Они вращаются вокруг неких своих центров, которые сами движутся вокруг Земли, в силу чего для земного наблюдателя эти небесные тела совершают не правильные круговые, а петлеобразные движения. Обратим внимание, все это построение направлено на то, чтобы улучшить и упрочить геоцентрическую идею, развить и усовершенствовать ее. Благодаря позитивной эвристике ученые, работающие внутри ка-

кой-либо научно-исследовательской программы, могут долгое время игнорировать критику и противоречащие факты. Они вправе ожидать, что «позитивная эвристика» приведет в конечном итоге к объяснению непонятных, или «непокорных», фактов.

Однако рано или поздно позитивная эвристическая сила той или иной научно-исследовательской программы исчерпывает себя, так как «жесткое ядро» когда-то устаревает и не поддается больше улучшению и модернизации, подобно тому, как реконструкция здания не может продолжаться бесконечно: в некий момент его необходимо сломать и построить новое. Замена «жесткого ядра» означает смену научно-исследовательской программы. Вытеснение одной программы другой представляет собой научную революцию. Причем качество и эффективность конкурирующих программ оцениваются учеными вполне рационально. Вот что говорит по этому поводу Лакатос: «Программа считается прогрессирующей тогда, когда ее теоретический рост предвосхищает ее эмпирический рост, то есть когда она с некоторым успехом может предсказывать новые факты... программа регрессирует, если ее теоретический рост отстает от ее эмпирического роста, то есть когда она дает только запоздалые объяснения либо случайных открытий, либо фактов, предвосхищаемых и открываемых конкурирующей программой».

Итак, с точки зрения Куна развитие науки представляет собой последовательную смену научных парадигм, кото-

рая происходит, главным образом, иррационально; а согласно Лакатосу – смену научно-исследовательских программ, происходящую рационально. Причем и по Куну, и по Лакатосу эта смена находит свое выражение в научных революциях, которые, таким образом, играют главную роль в развитии науки, представляют собой некие узловые, этапные моменты ее истории. Понятно, что между научными революциями (которые совершаются редко), в периоды господства какой-либо парадигмы или научно-исследовательской программы, происходит спокойное, бескризисное развитие науки – научная эволюция.

§ 6. Научные революции

Мы уже знаем, что ведущая роль в развитии науки принадлежит научным революциям, которые случаются довольно редко, но тем не менее являются главными и наиболее важными моментами в ее истории. Революция есть переворот, а в применении к науке – это радикальное изменение всех ее элементов: фактов, закономерностей, теорий, методов. Некоторое недоумение может вызвать утверждение об изменении фактов. Разве можно их изменить? Конечно же, твердо установленные факты изменить нельзя. Однако, как уже говорилось при рассмотрении взаимодействия эмпирического и теоретического уровней научного познания, в науке имеют значение не сами факты, а их интерпретация, или объяснение. Факт, не включенный в какую-либо объяснительную схему, науке безразличен. В то же время объяснения фактов подвержены порой самым радикальным изменениям. Вспомним, наблюдаемый ежедневно факт движения Солнца по небосводу с востока на запад поддается нескольким различным интерпретациям. В данном случае переход от одного способа объяснения к другому и есть научная революция.

О глобальном перевороте (революции) в области науки можно говорить лишь в том случае, когда налицо изменение не только отдельных принципов, методов или теорий, но

обязательно всей научной картины мира. Понятно, что, поскольку последняя характеризуется прежде всего широтой и обобщенностью, ее радикальное изменение невозможно свести к отдельному, пусть даже крупнейшему научному открытию. Оно, однако, может породить некую цепную реакцию, способную дать целую серию научных открытий, которые и приведут в конечном итоге к смене научной картины мира. В этом процессе наиболее важны открытия в фундаментальных науках, причем основу любой естественнонаучной картины мира составляют знания, полученные в области физики и астрономии. Именно эти дисциплины являются парадигмообразующими. В связи с этим в дальнейшем мы будем рассматривать преимущественно физические и астрономические представления, характерные для того или иного этапа развития естествознания. Также, если вспомнить о том, что наука – это прежде всего метод, то нетрудно предположить следующее: смена научной картины мира должна означать и значительную перестройку методов получения нового знания.

Если говорить о естествознании в целом, то согласно одной из точек зрения в его истории можно выделить две научные революции: первая из них произошла в XVI–XVII вв., а вторая – на рубеже XIX–XX вв. Эти революции обусловили три длительные стадии развития науки, каждой из которых соответствует своя естественнонаучная картина мира.

1. Геоцентрическая естественнонаучная картина мира (от

греч. *geos* – Земля) – представление, по которому в центре мироздания находится абсолютно неподвижная Земля, а Солнце, Луна, звезды и другие небесные тела движутся вокруг нее. Она просуществовала приблизительно 2000 лет, с V в. до н. э. и до XVI–XVII вв.).

2. Гелиоцентрическая естественнонаучная картина мира (от греч. *helios* – Солнце) – представление, по которому все небесные тела, включая Землю, вращаются вокруг Солнца. Она просуществовала примерно 500 лет (до рубежа XIX и XX вв.).

3. Квантово-релятивистская естественнонаучная картина мира (от лат. *quantum* – сколько и *relativus* – относительный) – современное естествознание, основой которого являются теория относительности Эйнштейна и квантовая физика (речь о них пойдет в четвертой теме учебного пособия). Она существует в естествознании до сих пор, и ей уже больше столетия.

Это, конечно, не означает, что в истории науки важны одни лишь революции. В промежутках между ними также делаются научные открытия и создаются новые теории. Однако, несомненно, что именно революционные изменения, затрагивающие основы науки, определяют общие контуры научной картины мира на длительный период.

Научные революции (в отличие от общественно-политических) не пугают людей. Наоборот, среди ученых утвердилась вера в то, что эти революции, во-первых, представляют

собой необходимый элемент в развитии науки, а во-вторых, не только исключают, но, напротив, предполагают взаимосвязь между старыми и новыми научными знаниями и представлениями. Датский ученый XX в. Нильс Бор сформулировал так называемый принцип соответствия, который гласит: всякая новая научная теория не отвергает начисто предшествующую, а включает ее в себя на правах частного случая, то есть устанавливает для прежней теории ограниченную область применимости. И при этом обе теории (старая и новая) вполне могут мирно существовать. Для иллюстрации этого принципа можно привести следующий пример. Гелиоцентрическое представление об окружающем мире вроде бы полностью отрицает собой геоцентрическое, навсегда отвергает его. Примем гелиоцентрическую модель за верную и рассмотрим небольшую область Вселенной, маленький ее фрагмент, а именно – Землю и ближайшее окружающее ее пространство, например, до Луны, не дальше. Теперь зададимся вопросом: что будет центром в этой области, или фрагменте окружающего мира? Конечно же, Земля. Причем утверждение о ней как о центре всего для данного избранного нами масштаба является вполне справедливым, и если нам придется вести какие-либо научные наблюдения, измерения или исследования применительно к этому небольшому пространству Вселенной, мы будем исходить из утверждения о центральном положении Земли. Получается, что в указанном масштабе древний геоцентризм является верным

и отнюдь не отрицается гелиоцентризмом. Говоря иначе, гелиоцентризм не исключает геоцентризм, а включает его в себя на правах частного случая, устанавливает для него ограниченную область применения.

Итак, каждая новая теория в частности, равно как и научная картина мира в целом, не уничтожает предыдущую, а, являясь более широкой, включает ее в себя. Кроме того, не будем забывать о том, что без предыдущего не могло бы быть и последующего, или, говоря иначе, любые новые взгляды, идеи и теории обязаны своим появлением на свет всем старым представлениям, существовавшим задолго и незадолго до них.

Поговорим о прочитанном

1. Каковы основные формы духовной культуры? В чем они сходны между собой и чем отличаются друг от друга?
2. Что такое наука? Каковы основные точки зрения на время возникновения науки? В чем состоят принципиальные различия между естественными и гуманитарными науками?
3. Перечислите основные особенности научного познания и дайте краткую характеристику каждой из них. Назовите критерии (принципы) научности и раскройте их суть.
4. Что представляет собой структура научного познания? Охарактеризуйте эмпирический и теоретический его уровни. Как они взаимодействуют? Что такое научная гипотеза? Каким образом она превращается в научную теорию? Каковы основные условия эффективности гипотезы? Приведите по одному примеру подтверждения и опровержения гипотезы.
5. Как менялось представление о возможностях науки, начиная с XVI в. и заканчивая нашими днями. Дайте характеристику каждой из границ научного познания. Какая из них обусловлена объектами и методами познания науки? В чем состоит граница науки, порождаемая ее инструментальным характером? Как понимать утверждение о том, что чем больше наука открывает, тем больше она «закрывает», то есть объявляет принципиально невозможным? Приведи-

те какие-либо примеры, иллюстрирующие это положение.

6. В чем состоят границы науки, связанные с возрастом человечества и с особенностями человеческой природы? Что такое макромир, микромир и мегамир? Каким образом макроприрода человека порождает одну из границ науки? Почему даже универсальный язык математики нельзя считать идеально подходящим для описания микро- и мегамира?

7. Какими были представления о развитии науки до XX в.? Как они изменились в минувшем столетии? Какие общие модели развития науки приобрели наибольшую известность в XX в.?

8. Как развивается наука с точки зрения Томаса Куна? Назовите основные понятия его концепции и дайте им определения. В чем заключается главное отличие общей модели развития науки, предложенной Имре Лакатосом, от модели Куна? В чем состоит сходство этих моделей?

9. Что такое единая научная картина мира? Каким образом связаны научные революции и научные картины мира?

10. Какие три научные революции и соответствующие им три научные картины мира можно выделить в истории естествознания? Почему возможно утверждать, что историческое развитие науки происходит с ускорением? Что представляет собой сформулированный Нильсом Бором принцип соответствия?

Тема 2. Теоретические представления о мире: античность и средневековье

Часть 1. Античная картина мира: Божественный Космос

§ 1. «Как прекрасен этот мир...»

Великий античный философ и ученый Платон как-то сказал: «Познание начинается с удивления». Эту фразу приписывают многим, в том числе ученику Платона – Аристотелю. Нет ничего удивительного, ведь кратким афористическим суждением здесь высвечен исходный пункт познавательной деятельности, определяющий саму суть науки. Ранее уже было показано, что любое теоретическое знание, научное в том числе, всегда выходит за рамки простого обыденного понимания мира, данного непосредственно в повседневности. Теория начинается с простого начала «не верь глазам своим» и движется далее, руководствуясь принципом «доверяй только разуму, действующему правильно». С

различными вариантами понимания, что есть «правильно» или «неправильно» в деятельности разума, мы не раз еще встретимся. Сейчас же обратим внимание на исходное начало всех размышлений тех, кто именует себя «ученый» и «философ». «Нет ничего очевидного», – утверждают они. Очевидность должна пройти испытание «разумным вопрошанием», должна пройти через вопрос – а так ли это? Солнце движется по небу – а так ли это? Земля плоская – а так ли это? Вполне вероятно, что в ходе исследований и размышлений мы убедимся, что так оно и есть, что глаза нас не обманывают. Но это уже будет не непосредственная данность, не простая очевидность, а знание, исходным пунктом которого было то самое вопрошание. С этого вопрошания начинается теория – в том числе и у античных ученых.

Какой же представлялась природа древнему античному ученому? Ведь природа, ставшая объектом теоретических размышлений и рассуждений, уже не может считаться непосредственно данной в обыденном опыте. Опыт дает вещи и их свойства (в самой простой наглядности), а природа к этому компоненту не сводится и не может быть сведена. В чем в таком случае древний ученый видел цели познания? Какими путями планировал он к этим целям идти?

Сегодня мы можем говорить об этом лишь в общих чертах – настолько, насколько мы представляем себе основы античной культуры как основы любой деятельности людей той эпохи. Такая картина никогда не будет полной, однако клю-

чевые ее моменты можно обозначить достаточно четко, опираясь в том числе и на те древние тексты, которыми мы сегодня располагаем: труды и отрывки из трудов Платона, Аристотеля, Гиппарха, Евклида, Аристарха, Птолемея, Евдокса, Диогена, Плотина и многих других. Наш абстрактный античный ученый – собирательный образ, созданный на основе известных нам взглядов и концепций этих и многих других представителей античного теоретического знания.

Помимо неполноты дошедших до нас источников, имеется еще одна сложность. Дело в том, что мы смотрим на мир глазами своей культуры, сквозь призму ее основополагающих принципов, часто нами не осознаваемых. Нам требуется немало усилий, чтобы увидеть мир сквозь призму культуры иной. Часто то, что в контексте нашей культуры нам показалось бы абсурдным и смешным, в контексте другой культуры выглядит вполне логичным и правильным. И иначе: кажущееся естественным, понятным, истинным, знакомым со школьной скамьи в контексте нашей культуры выглядит ужасным абсурдом или смешным парадоксом в иных культурных пространствах.

Итак, на что же было направлено внимание античных ученых? Где именно они стремились осуществить поиск истины? Если бы огромный суперкомпьютер мгновенно перелистал бы перед нами все имеющиеся в наших библиотеках и музеях труды античных ученых, в то же мгновение выдал бы нам их общее объективно-предметное содержание, то перед

нами скорее всего, становясь то ярче, то бледнее, на мониторе появилось бы всего лишь одно слово. Это слово – Космос. Сегодня мы также довольно часто это слово употребляем, встречаем его на страницах книг, газет, школьных учебников, но, как правило, оно не вызывает какого-либо ощущения таинственности или сакрального трепета. Более того, если бы мы могли объяснить древнему ученому, что именно мы понимаем под этим словом, древнегреческий ученый нас, скорее всего, не понял бы или обвинил в неправильном словоупотреблении.

В самом деле: представьте себе, что такое Космос? Наверняка, воображению большинства из вас предстала темная бесконечная бездна (без-дна в прямом смысле слова), пустота, в которой кое-где обнаруживаются редкие скопления материи, вспыхивают галактики и крупные звезды, беспорядочно перемещающиеся относительно друг друга... Каждый сам может продолжить, ведь именно так рисует Космос (мы его часто сегодня на житейском уровне отождествляем с Вселенной вообще) современная научная картина мира, знакомая нам со школьных уроков. Но античный ученый, выслушав подобное описание, заявил бы, что мы, скорее, говорим о хаосе, а не о Космосе, ибо все, о чем мы здесь говорили, все, что мы представляли, к Космосу не может иметь никакого отношения. Космос никак не может быть бездонным, мрачным, пустым, неупорядоченным – как бы нам ни говорил обратное наш жизненный опыт. Космос, постига-

емый разумом, совершенно другой. Мы видим, что слово осталось тем же самым, но картина, к которой оно отсылает, радикально изменилась, помещенная в иной культурный контекст.

Слово «Космос» слишком сложно, чтобы можно было бы просто подобрать ему синоним в понятийной системе нашей науки и культуры вообще. Многообразие содержащихся в нем смыслов требует для адекватного его описания и понимания введения не одного, а целой серии понятий, отсылающих де-факто к одному и тому же. Во-первых, в слове «Космос» античной наукой мыслится порядок, нечто поставленное «в ряды», выстроенное сообразно некой внутренней структуре. Недаром до сих пор в качестве антонима слова «Космос» мы и сегодня нередко используем слово «хаос» в смысле «беспорядок». Эта мысль о космической природе возникает в античной философии и науке очень рано, можно сказать, у самых ее истоков. Дело в том, что, на первый взгляд, нас окружает хаос и только хаос: бесконечное течение, смена впечатлений, смена времен, жизнь утекает, проходит безвозвратно, ни один день не похож на предыдущий, в общем – все течет, как сказал греческий философ Гераклит. Но дело даже не в том, что в этом течении можно обнаружить некоторую упорядоченность и регулярность, например, смену времен года, – дело в том, что неупорядоченность не может быть помыслена и осмыслена теоретически.

Греческие интеллектуалы опять же очень быстро поня-

ли различие между знанием и мнением, между ученым и, например, толпой на рыночной площади. Множество обыденных мнений, которые высказывают люди, – это еще не осмысление мира, природы и Космоса. Мнения остаются мнениями, чья ценность ограничивается сегодняшним днем или конкретным мгновением. Во мнениях «о вкусах не спорят», а все мнения равноправны. В V–IV вв. до н. э. группа философов, получивших общее название «софисты», попыталась показать, что дальше мнений человек вообще не может продвинуться, истинное знание человеку не доступно. Но, как заметили другие ученые и философы, например Платон, если такое осмысление мира и природы вообще имеет место, если человек смог (пусть и очень несовершенно, слабо) осознать этот порядок в себе и в мире, значит, что этот порядок существует, иначе мышлению просто не за что было бы ухватиться и состояться как мысли. Таким образом, с точки зрения античных философов, наличие мышления показывает наличие порядка, а сам порядок обуславливает теоретическое мышление.

Порядок не только требует осмысления, ничего, кроме него, осмыслить, по мнению античных философов и ученых, вообще нельзя. Хаос и не нуждается в осмыслении или объяснении. Представим себе ситуацию, когда люди в одной и той же ситуации совершают плохой и хороший поступки (последний – бескорыстно). Например, продавец обманывает покупателя. Или продавец возвращает покупателю забы-

тый тем на прилавке кошелек. Какой из этих двух случаев покажется нам более «естественным» с точки зрения обыденности (не морали, не закона, а простого существования среди себе подобных)? Вот это «естественное» и не требует осмысления – это естественно-нормально (как бы дико это не звучало), да оно и не может быть осмыслено, оно просто наличествует как факт. Осмысления требует именно «ненормальный поступок» – когда, например, человек поступает вопреки собственной выгоде, чтобы помочь другому человеку. Этот поступок вырывается сам и вырывает нас из гераклитовского «все течет». Он как остров, на котором можно остановиться, перевести дух и оглядеться. Хаос же не просто немислим (тут еще проще простого – не мыслить проще, чем занять себя одной и той же мыслью об одном и том же хотя бы в течение пяти – семи секунд). Античным философам и ученым хаос просто не интересен. Грязь на улицах (безобразное) сама по себе никакого любопытства не представляет, дурной человек также не интересен – он обыденен, «естествен», но не интересен.

Разумеется, Космос-порядок не провозглашает простым своим наличием уничтожения хаоса. Для античного философа и ученого (шире – античного человека) хаос – это не иллюзия, хаос вполне реален. Пока есть законы, есть город-государство. Но вот люди не хотят соблюдать законы (поскольку законы устарели, несправедливы и т. д.) – и городской порядок становится хаосом. Грань между порядком и хаосом

сом очень тонкая. Тем большим восхищением должен преисполниться человеческий ум, сумевший созерцать если не весь порядок целиком, то хотя бы часть его (меру). Недаром сквозь всю античную мысль красной нитью проходит известное правило, восходящее к семи мудрецам: «Меру во всем соблюдай».

Вторая сторона понимания Космоса – гармония. Собственно, гармония – это само по себе греческое слово, означавшее изначально «скрепление», «соединение» (у Гомера Одиссей, строящий корабль «гармонизирует» доски и балки). Космос состоит из частей, но при этом представляет собой целое. Как часть становится целым, а целое существует в частях? Вот одна из ключевых проблем активного теоретического знания, осознанная еще на ранних этапах становления античной мысли в виде известной изучавшим философию проблемы первоначала (субстанции).

На третьей стороне природы Космоса мы также остановимся коротко, поскольку эти вопросы подробно изучаются в курсе философии. Эту сторону мы условно обозначим «Благо», хотя многие, например Платон, отождествляли Космос и Благо без всяких условностей и оговорок. Суть такова: Космос есть единое, цельное Благо для всех своих частей. Каждая часть, взятая на своем месте в Космосе, устроена наилучшим образом (даже если нам так не кажется). Все в Космосе существует для всего, а все вместе – ради Блага. Зло же может прорваться сквозь космический порядок, ибо

удержать порядок сложно, а разрушить или нарушить легко. Наконец, последняя сторона Космоса, мимо которой пройти просто нельзя. Даже сегодня этот смысл сохранился в нашем языке в производном слове «косметика». Космос есть нечто «украшенное», «прекрасное», «красота». Обратите внимание на удивительную картину, которая у нас получилась: красота – это благо, это порядок, это гармония. Благо – это красота, гармония, порядок. Все вместе – в единстве – это Космос, или Божественный Космос. Именно такой Космос достоин познания, осмысления, восхищения, поскольку для античной культуры этическое и эстетическое от интеллектуального не отделимы.

§ 2. Как и зачем познавать прекрасный Космос?

Для античной теоретико-философской традиции вопрос об объекте познания («что познавать?») теснейшим образом связан с вопросом о методе познания («как познавать?»). Само слово «метод» – греческое и дословно оно переводится как «путь». Вопрос о методе, таким образом, есть вопрос о выборе пути к истине, но такой вопрос может быть поставлен и ставится только тогда, когда истина нам уже знакома, когда она уже присутствует близ нас, а мы – рядом с ней. Последнее, конечно, не означает «знания истины» в современном понимании этого слова. Отвлеченно-абстрактное знание

было чуждо античной мысли на всех этапах ее существования. Наполнить ум информацией – не значит что-либо познать, последнее предполагает собой скорее особый акт состояния по отношению к Космосу, некоторое видение в Космосе и себе самом фундаментальных бытийственных оснований, приоткрытых уже в акте первоначального интереса к Космосу, в акте первичного платоновского удивления. Знание здесь, скорее, есть дальнейшее раскрытие, развертывание той непосредственной данности порядка, красоты и гармонии, которые обнаруживаются уже в обыденной жизни и доступны каждому и для каждого. Ум не просто наполнен знанием – он живет знанием, мышлением, созерцанием. То есть знание – не его содержание, а состояние подлинного бытия, открытого истине.

Сегодня мы широко используем слово «теория», которое также имеет греческое происхождение. Дословно теория, как уже говорилось ранее, означает «созерцание» (отсюда близкое по значению «театр»); для теоретико-философской мысли Античности это созерцание не простое, а «умное». Истина постигается умом, обнаруживается в уме и существует для ума – к этим весьма строгим утверждениям античные мыслители приходят очень рано и придерживаются их очень последовательно. Однако эти же ученые не противопоставляют мир, открытый умом (интеллектуальный Космос), и мир, данный непосредственно в созерцании. Практически все современные авторы, исследующие античную

культуру, отмечают указанный факт: греки никогда не относились пренебрежительно к чувственному миру, не противопоставляли его миру «умному» в категориях прекрасного и безобразного или гармонии и хаоса. Более того, знаменитая античная математика славилась своей наглядностью, возводя числа в «квадрат» или в «куб» в прямом смысле этого слова (возвести в квадрат – нарисовать квадрат со стороной, равной числу, и найти его площадь) или же изображая квадратный корень из единицы целым числом (как диагональ квадрата со стороной, равной единице). Мир чувственных данностей и мир теоретических созерцаний не столько противопоставляются друг другу, сколько выводятся как взаимные дополнители и прояснители.

Иллюзия такого противопоставления, правда, иногда возникает и сейчас в процессе знакомства с работами античных мыслителей. Но она возникала и у их современников. Известен ставший уже хрестоматийным случай, когда девушка-служанка подняла на смех Фалеса, засмотревшегося на звездное небо и упавшего в колодезь: ты, мудрец, смотришь на звезды и не замечаешь то, что у тебя под ногами. Но похожие анекдоты можно найти и про Сократа, и про Платона, и, наконец, про Архимеда с его знаменитой фразой, адресованной римскому солдату: не трогай моих чертежей. Античная мысль не просто тонко осознавала единство Космоса во всех его данностях, она интуитивно всегда исходила из этой мысли о его единстве.

Однако многие античные ученые подчеркивали и иное: истина, данная в уме и раскрытая умом, может не просто отличаться от привычного обыденного видения мира, она может ему прямо противоречить. Отсюда парменидовское «небытия нет», зеноновское «движения нет», легендарное демокритовское самоослепление, наконец, хорошо знакомый вам по курсу философии платоновский миф о пещере. Для чего же античная мысль в ряде пунктов своего продвижения противопоставляет привычную видимость умозрительной истине? Дело в том, что огромная часть дошедших до нас текстов представляет собой не что иное, как учебную литературу, цель которой, как известно, не только поведать о том, как устроен мир, но и научить мыслить и познавать самостоятельно. Поэтому противопоставление чувственно-данного и разумно-постигаемого носит, как правило, методический характер – начинающий свое движение к истине (выходу из платоновской пещеры) ум должен понимать, что истина, взятая во всей ее полноте, не всегда совпадает с тем, что непосредственно дано в повседневности, а видение физическим зрением должно отличаться от видения, как говорил Платон, «глазами души». Ищущий ум должен уметь сталкиваться с парадоксами и преодолевать «затрудненные места». Речь, собственно, чаще всего именно об этом – о правильной настройке ума по отношению к чувствам, о движении ума в правильном направлении. Разум, таким образом, не подминает или подменяет чувства, а лишь на-

правляет их к необходимой конечной цели и наполняет их необходимым умным (теоретическим) видением.

С другой стороны, чувства, безусловно, нуждаются в разуме и его руководстве. Да, в самых первых своих феноменах прежде всего красота дана уже в чувственном восприятии, например, в созерцании красивой девушки. Наслаждаться прекрасным вполне можно и на уровне чувственно-осязаемой образной реальности, восхищаясь прекрасной картиной, прекрасной музыкой, прекрасной поэзией. Мы видим, что нечто прекрасно, хотя и не понимаем. Почему же этого видения недостаточно самого по себе? Дело в том, что любое видение такого типа непостоянно как минимум в двух смыслах. Во-первых, чувственно-прекрасный мир постоянно изменяется – прекрасный человек может состариться и умереть, прекрасный стол можно сломать и сжечь и т. д. Во-вторых, постоянно изменяется тот, кому непосредственно дан этот чувственно-прекрасный мир, то есть я сам в своих ощущениях. Ум (разум), таким образом, дает возможность не только увидеть случайную явленность прекрасного в чувствах, но и пребывать в устойчивом, вечном, неизменном, закономерном прекрасном космического бытия. Следовать за чувствами – следовать за непостоянством, случайностью, видимостью. Направляться разумом – пребывать в вечном, абсолютном, постоянном. Таким образом, чувственный опыт в античной теоретико-философской традиции имеет ценность лишь в свете своей интеллектуально-теоретиче-

ской направленности.

Вопрос о роли чувственного опыта наиболее ярко в методологическом плане поставил Аристотель. Если его учитель Платон таким опытом часто пренебрегал по разным причинам в разных контекстах (опять же, например, для того, чтобы показать несводимость тотальной изменчивости текучего мира ощущений к фундаментальным конструкциям бытия, знакомым нам как «мир идей»), то для Аристотеля чувственный опыт также фундаментален, как и интеллектуальное созерцание, так как сущность каждой вещи находится в ней самой (а сама вещь изначально доступна нам через опыт). На фоне многочисленных своих коллег – как предшественников, так и современников – Аристотель действительно выглядит чуть ли не сторонником эмпиризма, во всяком случае по результатам работы в рамках той же «физики» или «зоологии». Однако позиция Аристотеля здесь как минимум двойственная – широко внедряя опыт, он всячески подчеркивает традиционный приоритет теоретического знания через разумные созерцания, в ряде случаев даже последовательнее своего учителя Платона.

Обратим внимание на два момента, где и как Аристотель обосновывает свою позицию со всей возможной определенностью. Во-первых, Аристотель доказывает, что индуктивное познание само по себе всегда неполно и несовершенно. В самом деле – для формирования какого-либо знания на основе опыта необходимо просмотреть все возможные слу-

чай этого опыта. Любой чувственный опыт имеет огромное количество случаев. Сегодня мы бы сказали, что такое количество есть бесконечность, однако Аристотель выражается более обтекаемо. Так или иначе, наше описание никак не может претендовать на всю эмпирическую полноту – а потому оно всегда окажется приблизительным и неполным. Остроумно неполноту индукции уже в наше время проиллюстрировал Б. Рассел в своем знаменитом примере с курицей, которая на основании ряда опытов прочно связывает появление хозяина с появлением корма и никак не может рассчитать, что однажды хозяин явится не с кормом, а с ножом. Во-вторых, чувственное познание, по мнению Аристотеля, более грубо для души, чем интеллектуальное созерцание. Именно поэтому интеллектуальное созерцание есть единственно достойное познание для «свободных граждан», для которых занятие земледелием или ремеслом уже является недостойным их тонких разумных душ. Таким образом, только в созерцании открывается истина, и только в нем Космос предстает на прочной основе во всей своей полноте.

Наконец, вспомним, что античная теоретико-философская мысль воспринимает Космос как целое, упорядоченное, единое, прекрасное. Да, прекрасное дано и в чувственном опыте. Но в опыте дано и безобразное, и случайное, и хаотичное, причем без какого-либо различия в самом себе. Для такого различия необходимы теоретическая интуиция, умозренческое созерцание, которые обеспечивает в

своей практике разум.

До конца понять связь разумности, упорядоченности, красоты и подчинение чувственности разумности при полном сохранении всех основных характеристик первой в теоретической практике второго – невозможно, не рассмотрев еще одну сторону античной познавательной практики. Это вопрос о конечных целях познания. Этот вопрос вполне в духе античных парадоксов не столько завершает нарисованную нами общую картину, сколько возвращает нас вновь в исходную точку рассуждений. В этом нет ничего удивительного, поскольку античное теоретико-философское знание, исходя из гармонии и упорядоченности Космоса, обнаруживая в себе эстетическое восхищение космической красотой и глубоко эту красоту чувствуя, неизбежно выходило на категорию благо, а значит, на проблемы этические.

Очень ярко описанный выше момент проявился в концепции школы стоиков, разработавших тончайшую рациональную картину физического мира, не уступающую по интеллектуальной изощренной полноте аристотелевской (в том числе и в плане формально-логическом). К сожалению, известна эта концепция сегодня лишь фрагментарно, поскольку ни одного законченного произведения на эту тему не сохранилось, а в исторической перспективе ее заслонила могучая парадигма Аристотеля – Птолемея. Однако хорошо известно, что на основе физики стоики выстраивали не менее интересную, проработанную, логичную систему этики, кото-

рая фактически определяла внутреннее отношение человека к гармоничному физическому Космосу. Космическая красота и гармония вытекали здесь не столько из построений физической теории, сколько из специфического этического отношения к миру, в основе которого лежал тезис: «Космос прекрасен, что бы ни происходило». Не столько ум представляет нам доказательства этой красоты – скорее, эстетическое чувство дает нам несомненное ощущение ее присутствия, задающее определенную модель поведения человека по отношению к ней как в повседневно-жизненном, так и в интеллектуально-познавательном плане.

Общую цель познания в рамках античной традиции можно описать, таким образом, с трех позиций. При этом нужно помнить, что это не три ответа на один и тот же вопрос – это один ответ, выстроенный в разных словесных конструкциях. Итак, во-первых, познание Космоса ведет к внутренней гармонизации человеческой души, упорядочиванию личной и общественной жизни. Душа (умная душа), будучи обращена к постижению порядка, сама внутренне упорядочивается и гармонизируется. Во-вторых, познавший истину может помочь прийти к этой истине тем, кто сам это сделать в силу тех или иных причин не в состоянии. Так платоновский философ становится во главе государства-полиса и организует жизнь в полисе таким образом, что каждый находит в нем свое собственное место для счастья, – а ничего другого истина человеку и не дает. Наконец, в-третьих, постигший кос-

мическую истину получает возможность жить в гармонии с Космосом и примириться с судьбой. Ведь переделать совершенный Космос человек все равно не в состоянии – не стоит даже пытаться. Вместо Космоса всегда будет в таком случае хаос.

§ 3. Теория Аристотеля и ее достоинства

Теперь перейдем от общих характеристик научно-философской картины мира Античности к ее конкретно-теоретическому воплощению. То, о чем мы говорили выше, – всего лишь первооснова, фундамент, не всегда явно проговариваемый и обнажаемый самими учеными и философами Античности. Теория же в отличие от общемировоззренческих принципов предполагает большую строгость, определенность и, самое главное, более тесную связь с фактами, которые можно пронаблюдать, предсказать, обнаружить. Таким образом, если рассуждать в общих чертах, от теории требуется, во-первых, целостное и непротиворечивое описание всех сторон окружающей нас действительности, включая, кстати, и нас самих; во-вторых, объяснение известных фактов или их интерпретация. Первая теория такого типа, дошедшая до нас в относительно полном виде, – это теория, созданная в IV в. до н. э. великим античным ученым Аристотелем из Стагиры (Стагиритом).

К сожалению, здесь перед нами в полный рост встает уже

обозначенная выше трудность – неполнота и фрагментарность источников. Практически обо всех философах и ученых до Платона и Аристотеля мы имеем либо вторичные сведения (в ссылках того же Аристотеля), либо чудом сохранившиеся разрозненные фрагменты их произведений. Так мы знаем о тех или иных открытиях Фалеса или, например, Пифагора (хотя это фигуры считаются многими исследователями полуполюгендарными и полумифологическими) в области геометрии, но почти не знаем, как они объясняли, например, движение, развитие, уничтожение, какова была система их взглядов на мир и какое место их конкретные научные открытия в данной системе занимали. Поэтому нельзя утверждать, что до Аристотеля не существовало попыток создать связную теоретическую картину Космоса, как, к сожалению, нельзя утверждать и обратное. Эта ситуация станет еще более печальной, если вспомнить, сколько теоретических разработок было потеряно уже после Аристотеля – вплоть до наших дней; да еще и не просто потеряно, а намеренно уничтожено.

Тем не менее цельность и законченность аристотелевской теории – несомненна, как несомненна и ее универсальная направленность. Если же говорить о влиянии ее на дальнейшее развитие научного знания – вплоть до Коперника и Галилея, то равных ей нет и не предвидится. Система Аристотеля действительно объединила естествознание, философию, обществознание и методологию в одно целое зда-

ние-знание универсума, как такового. Конечно, сегодня мы объясняем мир совсем не так, как это делал Аристотель. Более того, объяснения Аристотеля в очень многих случаях прямо противоречат достижениям современной науки. Однако давайте не будем спешить с выводами. Попробуем вообразить себе мир так, как воображал его Аристотель, а после попробуем найти существенные возражения.

Аристотель выступает новатором античного теоретического знания в нескольких отношениях. Во-первых, как мы уже сказали, он создает одно из самых совершенных и законченных теоретических описаний Космоса на всех уровнях его бытия – описание, не имеющее равных по степени влияния на дальнейшее развитие интеллектуальной практики как минимум на тысячелетие вперед. Во-вторых, ему удалось радикально переосмыслить сам процесс познания, развернув теоретическое познание от поиска фундаментальных начал Космоса к познанию окружающего мира, как такового, пусть и не на высочайших степенях совершенства. Аристотель, конечно, не пренебрегает анализом первооснов Космоса, познания гармонии, фундаментальных начал бытия. Работы его на эту тему позднее будут объединены под общим названием «метафизика», что означает «то, что после физики» и в буквальном, и в переносном смысле. Здесь Аристотель отдает дань традиционной философской проблематике; в будущем понятие «метафизика» станет синонимом понятия «философия» и даже в некоторых контекстах сильно по-

теснит его в научно-теоретическом обиходе. Но наравне с метафизикой существует и «физика» – наука о природе, о мире в его данности нам, о том, что мы можем наблюдать, в том числе и в нашем обыденном опыте.

В чем же здесь заключен радикальный шаг Аристотеля вперед? Дело в том, что античное философско-теоретическое знание очень часто пренебрегало исследованием той природы, которая нас непосредственно окружает, перенося ее на второй план или вовсе вынося за скобки. Главный интерес для философов и ученых представляла первооснова мира (первоначало или субстанция) иерархий бытия или порядка сущего (Божественный Логос, «все есть число», мир «идей»), причем часто эта первооснова бытия и порядка отделялась от чувственного непосредственно воспринимаемого мира и даже, в тех или иных целях, противопоставлялась ему – как, например, в апориях Зенона Элейского или некоторых диалогах Платона. Хотя чувственно воспринимаемый мир и не объявлялся чистой иллюзией (подобно «покрывалу Майя» в индийской философии), тем не менее сам по себе он воспринимался как несамостоятельный, текучий, хаотический, подверженный любым изменениям, в общем, реальностью, где само по себе все относительно и ничто не абсолютно. Абсолютное как раз и обнаруживается ученым-философом как некое «просвечивание» истины в мире, как ее непосредственная обнаруженность, о чем применительно к красоте подробно пишет Платон в диалоге «Пир». Более по-

дробно Вы встречались с этими проблемами и обсуждали их в курсе «Философия», здесь же мы просто обозначаем само их наличие, о котором необходимо помнить.

Аристотель как ученик Платона, с одной стороны, следует строго в русле своей интеллектуальной традиции, он верный сын античной философии и ее величайший систематизатор. Основа его концепции – оригинальная философская (метафизическая) система, сквозь призму которой Космос обретает фундаментальность и, что не менее важно, познаваемость. Подробно Вы рассматривали метафизику Аристотеля и ее критику опять же в курсе «Философия». Здесь же нам понадобятся лишь некоторые самые существенные ее положения, без которых понять аристотелевскую картину мира и ее теоретическую конструкцию либо затруднительно, либо, что чаще, совершенно невозможно.

§ 4. Аристотель об основаниях гармоничной природы и прекрасного Космоса

Аристотель, как известно, в основных чертах продолжил дело Платона (как мы ниже увидим, вся его космология во многом пересекается с платоновской), но известен он и как автор изречения, обозначавшего разрыв с любимым учителем: «*Amicus Plato, sed magis amica veritas*» (в латинском варианте). Этот разрыв, а точнее, расхождение касалось, с од-

ной стороны, взаимодействия и взаимоопределения материального и идеального, с другой – путей познания и обнаружения истины. Платон, как известно, считал, что материальные вещи представляют собой лишь изменчивые несовершенные копии «вещей» идеальных, следовательно, причина существования материальной вещи лежит не в ней самой, а вне ее. Следовательно, и в процессе познания материальная вещь должна служить лишь напоминанием о подлинно идеальном мире, но не может быть самостоятельным предметом исследования. Точно так же, когда мы чертим на доске прямую, проходящую через две точки, мы имеем в виду не сам по себе чертеж, на котором вообще изображена не прямая, а кривая, но то, что лежит за чертежом, то, к чему чертеж отсылает, то, что доступно только нашему разуму, пусть и прибегающему иногда к такой вот чувственной наглядности.

Ошибка учителя, по мнению Аристотеля, заключена в том, что Платон, с одной стороны, безо всяких оснований оторвал вещи от источников их существования, с другой, очень поверхностно, непоследовательно проанализировал сам процесс становления вещи и обнаружил не все причины ее бытия. Тот факт, что вещи распадаются и уничтожаются, Платоном объясняется хорошо (несовершенная материя не может долго удерживать вид, идею, форму, подобно песочному куличу), но как в рамках его теории объяснить то, что вещи в процессе своего существования совершенствуются или просто меняют свою суть (яйцо – цыпле-

нок – курица, ребенок – взрослый). Аристотель предлагает эту картину дополнить. Каждая вещь имеет не только внутреннее, но внешние причины своего собственного конкретного существования. В каждой вещи есть то, что делает вещь самой собой, тождественной себе, то, что философы называют «сущностью». Это – первая причина. Платон назвал это «идеей», Аристотель использует это же понятие, превратившееся в латинском переводе в хорошо известную нам «форму». Зададим себе вопрос – почему эта вещь стол? Потому что в ней есть нечто, делающее ее столом, и нет того, что сделало ее бы стулом или тарелкой. «Стол – это стол» – не просто тавтология, но указание на сущность данной вещи. Но реальный стол ведь можно переделать в стул, можно распилить на доски, можно вообще сжечь. Вещи изменчивы, потенциально они могут быть превращены в другие вещи или вообще быть уничтожены. Таким образом, вещь имеет двойственную природу – она тождественна сама себе и при этом может быть иной. Здесь Аристотель вводит два важнейших понятия, которые в античной науке до него практически не разрабатывались и не использовались: возможность (потенция) и действительность (акт). Всякая вещь содержит в себе множество возможностей, однако число реализуемых возможностей небезгранично: так кусок мрамора может стать прекрасной статуей, но никогда не сможет стать прекрасной девушкой.

Но что же делает эту возможность наличной? Аристотель

отвечает: материя или материальная причина. Если форма – источник объяснения самотождественности, самопостоянства вещи, условие ее мыслимости и познаваемости, то материя есть чистое небытие в вещи, возможность вещи быть чем угодно, кроме того, что она есть. Сама по себе материя есть бесконечная возможность, то есть небытие. Все вещи, включающие в себя материю и форму, изменчивы, все они потенциально иные. Материя лишь пространство для воплощения множества форм, то, что дает форме непосредственно явиться. Так ребенок потенциально и поэт, и строитель, и политик, но то, кем он станет, как он реализует себя (реализуется), зависит от множества факторов, в том числе от врожденных способностей, его желания и воли и от социальной среды, в которой человеку предстоит жить и работать.

Мы, таким образом, обнаружили и третью причину существования вещи – причину, переводящую возможность в действительность. Аристотель называет ее движущей причиной или просто движением. Движение есть любая смена одной формы другой. Заметим, что формы сами по себе неизменны, ибо имеют идеальную природу – изменяемы вещи, которым формы придают образ и суть. Форма «стол» всегда останется самой собой сама по себе. Но для того чтобы понять, что есть стол, человеку требуется хоть раз его увидеть и, возможно, использовать по назначению – без этого любое теоретическое знание о столе будет неполным. Существуют и формы, не требующие воплощения в материю, на-

пример, числа или фигуры, доступные прямому интеллектуальному созерцанию. Однако большое количество форм становится для нас доступным как интеллектуально, так и чувственно-эмпирически. Таким образом, чувственное познание дополняет познание разума и становится в какой-то мере необходимым для постижения природы, физической стороны Космоса.

Наконец, всякая вещь существует не просто так, а во взаимосвязи с другими вещами, иными словами, всякая вещь есть не «для себя» (точнее, не только для себя), а для иной вещи. Эта связь вещей также может быть случайной (книга существует для моих глаз, но я могу эту книгу и не читать) и необходимой (животное поедает растение, хищник поедает травоядного). Иная вещь, таким образом, определяет существование вещи, замыкает ее на себя, подчиняет себе. Эту причину Аристотель назвал целевой или просто «целью». Космос таким образом, взятый во всей своей полноте, есть цель всех существующих вещей. Но, с другой стороны, цель заключена и внутри самой вещи и определяется некой логикой смены форм, как в уже известном нам примере с яйцом, цыпленком и курицей. Достижение такой цели, как воплощение разворачивания все потенциальных форм, Аристотель назвал специально придуманным сложным термином «энтелехия», чтобы еще раз подчеркнуть его важность.

Теперь вернемся к более важному и существенному для нас понятию «движение». Под движением Аристотель пони-

мает любое изменение в материальном мире (то есть любую смену форм, включая изменение места или простое перемещение вещи в пространстве). Такое изменение может быть вызвано как изнутри самой вещи (превращение цыпленка в курицу, самообразование человека), так и извне, действиями других вещей (бросание рукой камня, удар ногой по мячу). Первый вид движения Аристотель называет естественным, второй – искусственным. К чему же стремится движущееся тело как в первом, так и во втором случае? Если мы немного поразмыслим над этим, то легко обнаружим ответ: конечно же, к цели! Другое дело, в чем эта цель заключается. В первом случае движение стремится к максимальной явленности формы в материи, максимальному разворачиванию всего формального ряда в общем контексте Космоса как совокупности форм. Во втором случае – движение быстро или постепенно замедляется и прекращается, когда тело падает на Землю, то есть тело, очевидно, стремится упасть, прекратить движение и занять неподвижное положение, если ему в этом не препятствовать. Более того, чтобы привести такое тело в движение, требуется усилие, часто весьма ощутимое – то есть тело как бы сопротивляется движению и стремится при любой возможности стать неподвижным, то есть занять определенное место. Таким образом, каждая вещь в процессе движения стремится занять «свое место» в Космосе, «наилучшее» место. Как только это «место» занято – движение прекращается, как прекращается оно в случае прекращения

действия насильственных внешних причин. Таким образом, всякое движение имеет своей целью покой, всякое становление – достижение максимальной полноты бытия. Покой абсолютен, движение – относительно. Движение здесь становится атрибутом несовершенства, ибо совершенству ни изменяться, ни менять свое месторасположение нет надобности.

Все сказанное выше – своего рода первая линия обоснования концепции Аристотеля. Теперь попробуем пойти другим путем – не от бытия вещей, а от Космоса как целого. Здесь Аристотель, на первый взгляд, малооригинален – многие свои положения он прямо заимствует из космологии Платона, вкладывая в нее, впрочем, часто радикально новый смысл. Так он утверждает (вслед за Платоном), что Космос составляют пять первоэлементов-субстанций: земля, вода, воздух, огонь и эфир. Конечно, это не реальная вода или реальный огонь – это лишь символические обозначения, дань мифологии, которые легко можно было бы заменить, например, на А, В, Г и т. д. Но если у Платона эти субстанции интерпретируются как многогранники, то есть скорее геометрически, в математико-пифагорейской традиции, то Аристотель делает акцент на их материальность. Земля – самая материальная (то есть чувственно данная, изменчивая, потенциальная), эфир – «неосязаемый», «тонкий», фактически не материальный в сравнении с землей. Субстанции или элементы не могут переходить друг в друга или смешиваться

друг с другом.

Другое положение Аристотеля так же, на первый взгляд, неоригинально, хотя восходит оно, скорее, к мудрецам Элейской философской школы, чем к мудрости Платоновской академии. Космос, говорит Аристотель, имеет вид (идею, форму) сферы. Почему Аристотель так решил? Очень просто. Дело в том, что, рассуждая о Космосе, как уже было указано выше, античный ученый должен был крепко держать в уме несколько положений, в частности, о том, что Космос прекрасен и совершенен. Если какому-то человеку он кажется безобразным и несовершенным, то у этого человека явные проблемы с познавательной способностью, в лучшем случае, это его мнение – докса (от древнегреч. δόξα – мнение, взгляд), но не знание. Если же Космос прекрасен и совершенен, то он не может быть бесконечным, как не может быть, по мнению Аристотеля, бесконечно большого тела. Бесконечность можно представить, но нельзя высказать, можно предположить ее возможность, но ее нельзя обнаружить в реальности, она потенциальна, но не актуальна – следовательно, Космос бесконечным быть не может. Он ограничен, определен, имеет фигуру (ведь безобразное и бесформенное не может быть помыслено, а Космос для нас умопостигаем), и это должна быть фигура не просто прекрасная, но совершенная. Совершенная же (завершенная) означает – вечная и неизменная: ведь совершенство, изменяясь, может стать только несовершенством, а это значит, что оно и

не было совершенством. А какой должна быть фигура, чтобы быть вечной? Совершенной! Что такое несовершенство? Это – распад, изменение, гибель. Но дело в том, что погибнуть (распасться) может только составной, то есть сложный объект, следовательно, Космос прост.

Итак, попытаемся понять эту логику во всей ее полноте. Космос прекрасен, совершенен, вечен, прост, определен в себе и для себя. Какая фигура отвечает этим требованиям? Пересеклись две прямые, получился... Угол – незавершен, может быть острым, тупым, прямым, развернутым. Три прямые? Треугольник? Он также может принимать множество видов – прямоугольный, равнобедренный, равносторонний и т. д. Вообще, если попросить вас представить условный угол, то сколько вообще возможно представить углов? А сколько треугольников? Легко понять, что и тех и других будет бесконечное множество. Сто человек представят сто треугольников, не повторяясь. Тысяча – тысячу. А если мы теперь возьмем такую фигуру, как квадрат? Можно ли представить (как геометрическое место точек, а не в плане размеров или цветов) разные квадраты? Квадрат – это пример правильной совершенной фигуры, но фигура эта сложная: четыре угла и четыре отрезка. А вот окружность (в пространстве – сфера) гораздо проще и совершеннее, ведь окружность представляет собой простой отрезок, одна вершина которого неподвижна, а другая постоянно перемещается относительно первой. Более того, окружность или сфера не может быть неправиль-

ной, она всегда тождественна себе самой – либо перед нами окружность, либо нет.

Таким образом, Космос есть сфера, заполненная пятью первоэлементами-субстанциями. Представим теперь, что эти субстанции движутся внутри этой сферы. Что мы увидим? Примерно то же, что и при любом движении по условной окружности, в том числе и в вихре, например, когда мы наблюдаем за перемещением листиков заварки в стакане с хорошо размешанным чаем. Тяжелые, плотные тела будут стремиться к центру, легкие – к периферии. Мы пришли к еще одному фундаментальному выводу Аристотеля: Земля стремится к центру Космоса, эфир – к его границам, остальные субстанции занимают промежуточное положение между ними. Отсюда легко вывести два следствия. Во-первых, поскольку первоэлементы не смешиваются, каждый элемент образует в своем вращении собственную сферу. Космос, представленный таким образом, напоминает матрешку из пяти вложенных друг в друга сфер, вращающихся относительно друг друга и центра Космоса. Эта мысль о вложенных сферах, объясняющих вращение Солнца и планет, развивалась, кстати, и современниками Аристотеля – Евдоксом и Каллиппом. Во-вторых, все легкие (менее материальные) тела стремятся вверх, все тяжелые – вниз, к Земле, к центру Космоса. Чем больше материи содержат в себе тела, то есть чем больше его тяжесть, тем быстрее оно падает, будучи сброшенным с высоты. Согласитесь – ведь

последнее утверждение неплохо согласуется с нашим повседневным опытом.

Итак, Земля – неподвижный центр Космоса, Луна и Солнце вращаются в эфирной сфере по абсолютно правильным круговым орбитам вокруг Земли (или вращается сама сфера, перемещая внутри себя планеты относительно наблюдателя), границу Космоса представляет собой сфера, также вращающаяся, на которой закреплены неподвижные относительно друг друга звезды. Эти движения – естественные, на планеты никто не оказывает никаких внешних воздействий, и потому эти планетарные ритмы вечны и неизменны. Аристотель был убежден, что движение планет – чистый цикл, бесконечное возвращение одного и того же состояния, а потому и движением это назвать в полном смысле нельзя.

Такая модель космического устройства получила название «геоцентризм», который был достаточно популярен и до Аристотеля, однако не являлся безальтернативной и завершенной концепцией. Так, например, пифагорейцы предполагали (руководствуясь примерно той же логикой, что продемонстрирована выше) вращение всех небесных тел, включая Солнце и Землю, вокруг некоего «центрального огня». Известный античный астроном Аристарх Самосский одним из первых предположил, что центр Космоса – Солнце, а не Земля. Однако общая внутренняя логика системы Аристотеля здесь оказалась сильнее отдельной догадки – и из этого заочного состязания Аристотель вышел победителем.

§ 5. Как мыслить в подлунном мире?

Из общей картины вечного неизменного и гармоничного Космоса можно вывести еще несколько очень важных для будущего изложения следствий. Дело в том, что, во-первых, Космос Аристотеля представляет собой, говоря современным языком, абсолютную систему отсчета. В самом деле, центр Космоса всегда стабилен и находится в центре Земли. Относительно этого центра можно зафиксировать любое перемещение, любое движение в раз и навсегда определенных точках, ведь перемещаются тела, а не само пространство. Планеты, как все небесные тела, также проходят через одни и те же точки абсолютного Космоса. Это значит, что пространство Космоса Аристотеля неоднородно и неизотропно, то есть имеет неравноправные точки и привилегированные направления. Можно сказать, что каждая вещь, каждая составная часть Космоса занимает только свои точки, свои места (или стремится их занять), имеет только свои собственные направления движения.

Но гораздо более важным представляется второе следствие, которое выводит сам Аристотель и которое обрело колоссальное значение в дальнейшем развитии науки. Сравним два уровня Космоса – уровень эфира, где мы обнаруживаем все планеты, и уровень всех остальных сфер, фактически мир, где мы живем. Легко заметить, что, исходя из ска-

занного выше, один уровень предельно нематериален, другой предельно насыщен материальностью. Что же это значит? Это значит, что в первом мире есть законы, порядок, размерность и строгость. Первый мир, Аристотель называет его «надлунным», – мир чистой актуальности, почти совершенства. Второй мир, именуемый «подлунным», представляет собой прямую противоположность: это мир вероятностей, хаоса, отступлений от законов, несовершенства. В общем, подлунный мир – скорее видимость (чистая потенция), нежели нечто действительное, бесконечный поток становления, но не нечто устойчиво-совершенное. Что же все это значит? Это значит, что: а) законы двух миров даны нам как принципиально различные, поэтому нельзя выводить законы Космоса из простых наблюдений за движением окружающих нас вещей; б) нельзя, глядя из несовершенного мира, пытаться понять совершенный. Именно поэтому задачей античного философа и ученого никак не может являться точное описание законов движения планет и звезд: средствами человеческого разума их не постичь, а использовать их для исследования земных процессов бессмысленно. Максимальный результат, который может извлечь ученый из своей познавательной деятельности, – лишь приблизительное описание движения звезд и планет, не претендующее на какую-либо абсолютную точность и окончательность.

Последнее замечание очень существенно, поскольку – при всех своих достоинствах и недостатках – аристотелевская

теория оставалась, прежде всего античной теорией, одной из многих, и потому никогда не закрывала возможность выдвижения иных гипотез мироустройства. «Мир устроен так, но вполне возможно и не совсем так» – вот кредо античного ученого и философа. Если альтернативные гипотезы могут объяснить Космос лучше – пусть объясняют. На этом соревновательном, или как его называют «агонистическом» (от греческого *agon* – состязание), принципе строилась вся античная философия, вся теоретико-познавательная практика, шире – вся античная культура, для которой достижения одного – всегда повод не для гордости победителя, а для новых и новых попыток его конкурентов. К чести аристотелевской концепции, она была одной из лучших для своего времени, сочетая в себе такие важные свойства, как простота, логичная связанность, ясность, философская обоснованность. Самым существенным для античных ученых было то, что она связывала возможности познания мира с результатом этого познания, то есть окончательная теоретическая конструкция была тесно увязана с исходными специфическими чертами человеческой исследовательской практики. Эта соревновательность имела еще одно важное следствие, которое может быть сформулировано в виде правила: нельзя требовать от теоретического описания слишком много. Нельзя требовать, чтобы оно до конца прояснило природу движения, чтобы оно точно предсказывало будущие события, чтобы оно адекватно объяснило все изменения, происходящие в Космосе,

и т. д. Каждая попытка античного ученого объяснить мир обязательно содержала в себе нечто необъяснимое и неясное, но это вполне допускалось и даже приветствовалось, ибо помысленный несовершенным человеком в несовершенной теории Космос никак не может полностью соответствовать совершенному Космосу самому по себе.

По этой причине многие античные астрономы, взявшие за основу концепцию Аристотеля, спокойно вносили в нее изменения, плохо соотносившиеся с другими положениями аристотелевской теории. Так один из крупнейших астрономов античности Гиппарх на рубеже новой эры доказал, что Солнце не может двигаться вокруг Земли по орбите, центр которой совпадает с центром Земли, поскольку времена года имеют при точном измерении разную продолжительность (в случае абсолютно строго кругового вращения Солнца вокруг Земли продолжительность времен года обязана быть абсолютно одинаковой). Гиппарх предположил, что орбита Солнца имеет вид не простой, а смещенной относительно центра Земли («эксцентр») окружности, то есть центр Земли и центр солнечной орбиты никак не могут совпасть. Чуть позже на основании указанного дополнения Гиппарх заложит основы теории так называемых «эпициклов». Но при этом основы аристотелевской системы остаются неизменными. Их, в целом, принимают, с ними соглашаются, хотя, как мы видим, не во всем.

Такая ситуация сохранялась на протяжении последних ве-

ков до нашей эры и первых веков новой эры. В эпоху Александра Великого, последовавшую за завоеваниями учения Аристотеля (эта эпоха получила в истории название «эллинизм»), античные ученые получили широчайшие возможности для ознакомления с интеллектуальными достижениями Востока. Поскольку недостатка в фактическом материале не было, требовалась относительно стройная, надежная теория, пусть и не отвечающая на все вопросы, но грамотно объединяющая все имеющееся в наличии знание в более-менее стройную систему. Аристотелевская концепция эту проверку временем выдержала.

§ 6. Птолемей и утверждение геоцентризма

Решающую роль в утверждении аристотелевского геоцентризма (а следовательно, и иных положений аристотелевской физики, часто не имевших прямого отношения к астрономии), в теоретическом знании античности и последующей за ней эпохи сыграл крупнейший астроном и математик II в.н. э. Клавдий Птолемей (Птолеме́й). Наверное, не будет преувеличением сказать, что во многом своей славой и известностью в Европе поздней античности, на арабском средневековом Востоке и в Европе зрелого средневековья Аристотель обязан именно Птолемею и созданной им системе, прямо отсылающей к аристотелевскому Космосу. Однако

Птолемей не просто дополнил Аристотеля – он парадоксальным образом радикально изменил ряд положений его теории, дополнив и достроив саму теорию через внедрение новых фактов и новейшего на тот момент математического аппарата, дав ей в буквальном смысле слова новое дыхание. В своей главной книге, известной нам под названием «Альмагест» («*Megale syntaxis*», «Альмагест» – название, появившееся в арабском переводе и обратном переводе с арабского на латынь), Птолемей выступает, прежде всего, как систематизатор уже имеющегося астрономического наследия не только античности, но и астрономии Древнего Востока, в частности Вавилона. Помимо этого Птолемей дал свой вариант описания астрономических процессов с широким использованием математического аппарата, не имевшего на тот момент аналогов. При этом существенные достижения Птолемея касались прежде всего астрономических явлений и не сильно затрагивали иные случаи движения, отсылая, при необходимости, к вышеописанной аристотелевской схеме. Отсюда двойственность в самом наименовании концепции, поскольку в астрономическом плане она вполне птолемеяевская, а в общезначимом – аристотелевская, в рамках не столько взаимодополнения, сколько симбиотического сосуществования.

Птолемеяевская теория базируется на нескольких краеугольных камнях. Во-первых, признается шарообразность Земли, ее неподвижность, ее расположение в центре Космоса, границей которого выступает сфера неподвижных звезд.

Здесь Птолемея, судя по всему, устраивает и содержание и эвристическая сила теории Аристотеля, поскольку эти вопросы в какой-то степени выступают как предельные для возможностей человеческого разума.

Во-вторых, все планеты, Луна и Солнце вращаются вокруг Земли. Земля вообще выступает как единственно возможный центр вращения, поскольку ни у одной из планет не предполагается спутников. Траектории движения планет – правильные круговые орбиты. При этом уже Птолемей допускает ряд оговорок в пользу условности этой модели и ее годности для более или менее точного описания, поскольку Птолемей (вслед за Гиппархом) отказывается, например, от идеи концентрических кругов вращения планет, имевшей место еще в аристотелевской теории. Планеты движутся по орбитам, которые перестают быть условными траекториями для наблюдателя движений вращающихся сфер и становятся реальными окружностями. Почему же Птолемей отбрасывает объяснение движения при помощи кругов Евдокса – Каллиппа, Аристотеля? Потому что это не очень удобно для математических построений и расчетов. А как в таком случае на самом деле движутся планеты? Птолемей, скорее всего, ответил бы так: важно не то, как они движутся, важно то, как нам описать и понять их движение, используя наш математический аппарат, наблюдая из нашего подлунного мира. Теория становится условностью, но условностью работающей: да, так удобнее, но и результат налицо.

В-третьих, планеты движутся не просто по орбитам вокруг Земли, но и описывают дополнительный круг вокруг этих орбит. Главная орбита называется деферент, орбита, представляющая собой путь вокруг деферента, – эпицикл. Само понятие эпицикла восходит к Гиппарху, но Птолемей не просто использует понятие или творчески перерабатывает гипотезу – он подводит по нее математическую основу. Но зачем понадобилось столь сомнительное дополнение аристотелевской концепции, ведь оно явно или неявно входило в противоречие с требованием того же Аристотеля относительно простоты устройства Космоса? Дело в том, что наблюдаемые траектории движения планет (например, Марса) не дают никаких оснований предполагать наличие правильных круговых орбит – их траектория представляет собой скорее сочетание сложных кривых. Однако любую теорию такого типа можно описать как совокупность окружностей, взаиморасположенных относительно наблюдателя. Птолемей смело идет на этот шаг, поскольку это не только не мешает использовать для описания движения математический аппарат, но, более того, предполагает его обязательное наличие. Простота здесь приносится в жертву математическому расчету. Система деферентов-эпициклов становится не просто красивым, стройным, но трудным для профанного понимания описанием, она превращается в базис для дальнейших строгих математических расчетов и наблюдений. Птолемею удалось сь найти хотя и сложный, но доволь-

но надежный способ описания ускоренного движения небесных тел – факт, подтверждаемый наблюдениями, ведь простейшим аналогом такого движения является движение по окружности относительно наблюдателя.

В-четвертых, Птолемей творчески переосмысливает предположенную еще Гиппархом эксцентрику. Дело в том, что если Земля находится строго в центре деферента (большой орбиты планеты), то движение планеты по небесному своду должно наблюдаться как равномерное, хотя и непрямолинейное. Напомним, что небесный свод в системе Аристотеля представляет собой аналог абсолютной системы координат, относительно которой должно фиксироваться равномерное движение. Представим себе велосипедиста, описывающего вокруг наблюдателя окружность с одной и той же скоростью. Наблюдатель зафиксирует это движение как равномерное, как и в случае, если велосипедист станет описывать вокруг первой траектории малый круг (аналог эпицикла). Однако наблюдаемая на небе картина совершенно иная. Как это объяснить? Птолемей здесь, с одной стороны, использует гипотезу эксцентрическую Гиппарха, утверждая, что центр Земли не совпадает с центром деферента. С другой стороны, он вводит одно очень существенное дополнение: если относительно точки, из которой мы проводим наблюдения, планета не движется равномерно, то такая точка должна быть где-то вне той точки, в которой мы находимся. Эта точка расположена на прямой центр Земли – центр де-

ферента – за центром деферента, причем расстояние от этой точки до центра деферента равно расстоянию от последнего до центра Земли. Птолемей назвал эту точку «точкой экванта», поскольку она как бы уравнивает эксцентрическое смещение Гиппарха.

Но ведь Птолемей радикально усложнил Аристотеля, изменил ряд ключевых положений теорий последнего! Да, однако для античного теоретико-философского знания здесь не существовало серьезных проблем или противоречий, ибо различные описания Космоса лишь взаимодополняют друг друга и являются всего лишь попытками несовершенного человеческого ума проникнуть в тайны космического порядка. Да, Космос прост, а математическая модель Птолемея сложна, мог бы сказать ученый последних веков античной эпохи, но эта сложность есть данность космической простоты нашему слабому и несовершенному уму. Сегодня мы назвали бы такие рассуждения «спасением теории» от опровержения. Но для античного ученого ничего «спасать» как раз и не надо: теория работает, дает результат, подтверждается расчетами, описывается математически – что еще нужно ученым?

Астрономическая система Птолемея оказалась столь удачна и в теоретическом, и в практическом плане, что ее успех фактически затмил всех конкурентов, труды которых впоследствии оказались утерянными или уничтоженными. Ее успех сравним только с успехом системы Аристотеля,

изначально послужившей ей теоретико-философским базисом. К их дальнейшей судьбе мы еще обязательно вернемся.

Поговорим о прочитанном

1. Почему античная теоретико-философская мысль отождествляла понятия Космос, Благо, Прекрасное, Порядок, Гармония?

2. Какую конечную цель ставил перед процессом познания античный ученый?

3. Почему важным условием постижения Космоса античные ученые-мудрецы считали постижение человеком самого себя?

4. Почему для античного теоретического знания была глубоко чужда идея эксперимента как базового познавательного метода?

5. Многие античные ученые и философы считали, что за видимым осязаемым миром находится иной мир (мир умопостигаемых идей или форм). Как Вы думаете, для чего были введены подобные интеллектуальные конструкции?

6. Почему Аристотель считал Космос: а) сферическим; б) конечным?

7. Как концепция Аристотеля объясняет падение тел с высоты на Землю?

8. С чем связано различие между надлунным и подлунным мирами в концепции Аристотеля?

9. Почему, по Вашему мнению, аргументы оппонентов Аристотеля (Аристарха Самосского и др.), считавших, что именно Земля вращается вокруг Солнца, а не наоборот, так и не были восприняты современниками?

10. Почему, по Вашему мнению, практические открытия и исследования Архимеда в области механики, гидродинамики не ценились его современниками и не воспринимались его коллегами в качестве серьезной науки?

Часть 2. Картина мира эпохи Средневековья: теоцентризм

§ 1. Средневековье и интеллектуальные практики

Средними веками в исторической науке условно называют эпоху от падения Западной Римской империи до начала Нового времени. Датировки этого гигантского по времени периода (около 1000 лет), как правило, условны, особенно верхняя граница, которую связывают с самыми разными событиями – буржуазными революциями, географическими открытиями, Реформацией и т. д. Это не мешает многим оценивать Средние века как некий исторический «промежуток», нечто «среднее», подобно тому, как это делали еще представители Возрождения, собственно и придумавшие имя «Средневековье».

В истории науки эпоха Средневековья, применительно к европейской культуре, часто в противопоставление Античности (берущей свое начало еще в трудах деятелей Ренессанса) представляется как эпоха мракобесия, застоя, забвения научных знаний. Нельзя сказать, чтобы эта картина была неверна. Действительно, VI–IX вв. (примерно до так на-

зываемого Каролингского Возрождения) в Европе это эпоха самой настоящей деинтеллектуализации, когда образованность ушла даже из среды священнослужителей, умевших читать по буквам Евангелие на литургии, но часто не понимавших, что именно за текст они произносят. Действительно, в те времена подавляющее большинство населения не умело читать и писать, верило, что земля – плоская (ведь если она шар, то воды будут «соскальзывать с нее»), а всякий грамотный человек рассматривался как нечто среднее между колдуном и шаманом. Такого рода деинтеллектуализация за столь короткий период кажется невероятной, однако для тех времен это явление достаточно типично и легко объяснимо. Многие книги составлялись в одном экземпляре, который было легко уничтожить, ведь возможность широкого тиражирования экземпляров, то есть книгопечатание появится только в XV в. Любой пожар в библиотеке оставлял после себя неустрашимый урон – одна только знаменитая Александрийская библиотека горела в те времена неоднократно. Многие книги целенаправленно уничтожались постольку, поскольку несли в себе «опасные идеи». Уничтоженная книга и ее автор часто исчезали бесследно из памяти даже весьма образованных людей буквально через поколение.

Тем не менее ученость из Европы не исчезла совсем, более того, еще до крушения Античного мира успела возникнуть христианская метафизика со своей картиной мира, сво-

ими установками и своими исходными теоретическими постулатами. Так получилось, что в момент гибели античной культуры именно церковь и ее интеллектуальная элита выступили в какой-то степени охранителями ее обломков на просторах стремительно дичающей Европы. И хотя отношение христианства к античной культуре всегда было как минимум сложным и неоднозначным, церкви пришлось взять на себя эту миссию, что, конечно, повлияло в первую очередь и на саму церковь.

Первый средневековый настоящий интеллектуальный бум произошел в эту эпоху не в Европе, а на Востоке, где после возникновения новой молодой религии – ислама уже в VIII в. образовался гигантский Арабский халифат. Как это ни покажется странным, но исламская культура органично впитала в себя доставшееся ей античное наследие, прежде всего эллинистическое. Арабские ученые тщательно сохраняли и переводили на восточные языки труды античных авторов, восхищались Аристотелем и Платоном, развивали и дополняли воспринятое от своих древних учителей знание. И уже в эпоху зрелого Средневековья получится так, что европейцы, во многом забывшие свое интеллектуальное наследие, будут знакомиться с трудами великого Аристотеля в арабских переводах с сирийского.

§ 2. Космос как литургия

Если античный ученый на вопрос, что именно следует изучать, ясно и однозначно мог ответить: прекрасный и совершенный Космос, то европейский средневековый интеллектual ответил бы столь же однозначно: Бога и истину в Боге. Это очень существенное отличие, ведь античный Космос, несмотря на все свои атрибуты, всегда рассматривался как естественный, как находящийся в том же условном «пространстве», что и человек, его познающий. Христианский же Бог, которого средневековая мысль признает единственным достойным познания, сверхъестествен и суверенен по отношению к миру. Бог и истина, таким образом, во-первых, не присутствуют в природе, хотя природа и причастна каким-то образом к Богу. Во-вторых, Бог нисколько не зависит от Космоса и не нуждается в нем, хотя обратное – неверно, поскольку Космос, как и человек, нуждается в Боге. Мысль, таким образом, проскакивает Космос и устремляется за его границы, ибо истины в тварном Космосе нет, и искать ее здесь бессмысленно.

Причина столь радикальной смены направления интеллектуального взгляда одна, выражается она очень важным в рамках нашей темы понятием – креационизм (от лат. *creatio* – творить). Креационизм был не известен античной культуре ни в каком виде. Космос всегда рассматривался ли-

бо как вечно сущий, либо как сущий сам через себя, либо, что чаще, как то и другое вместе. Ни Ум Аристотеля, ни Логос Гераклита и стоиков, ни Демиург Платона не являются творцами Космоса даже в плане аллегории или метафоры. Дело в том, что креационизм предполагает принятие как минимум двух взаимоопределяющих постулатов. Во-первых, Бог как сверхъестественное существо творит мир из «ничего», как и положено подлинному Творцу, ибо «творить из чего-то» означает не творить, а преобразовывать. Подлинно всемогущий Бог не нуждается ни в какой первоматерии и вообще – ни в чем, чтобы акт творения состоялся. Во-вторых, это творение свершается посредством Слова: и сказал Он...

Один из первых эту мысль развил философ и богослов IV–V вв. Аврелий Августин, позднее канонизированный церковью. В своей работе под названием «Исповедь» он напрямую обращается к этой проблеме в связи с вопросом о всемогуществе Творца. Последнее является догматом, то есть положением, принимаемым на веру без каких-либо доказательств как самоочевидное. Вот это положение и во времена Августина и после него вызывало огромный интерес ученых-теологов. В частности, Августин спрашивает: если Творец всемогущ, то из чего Он творит мир? Из некой первоматерии? Но тогда Он не всемогущ, поскольку нуждается в чем-то ином, чтобы творить, да и вопрос, откуда сама по себе первоматерия не снимается. Из себя самого? Но тогда творение будет тождественно и равно Творцу. Единственный

ответ, который нам остается, если мы стоим на позиции «Бог всемогущ», это ответ – из ничего, ибо Он ни в чем не нуждается, чтобы акт творения состоялся, Его воля и Его акт обладают абсолютной свободой. «Но как такое возможно?» – спросим мы. И здесь перед нами возникает еще одна существенная черта теологического мышления Средневековья – нам нужно признать, что наш несовершенный ум этого понять не в состоянии, это в состоянии не только понять, но и совершить только совершенный Творец. Как античный ученый признавал невозможность полного познания прекрасного Космоса, так и средневековый теолог признает невозможность полного познания акта и воли Творца. На этом, впрочем, сходства заканчиваются, поскольку античный Космос есть место присутствия человека как познающего субъекта, Бог-Творец же сверхъестествен и находится за гранью человеческого присутствия? однако Бог способен направить к познающему человеку свое божественное действие, снизить к нему, чего, конечно, никакой Космос не сделает никогда.

Положение о тварности природы имеет крайне интересные следствия в контексте истории естествознания. Природа и Космос в системе координат такого типа становятся вторичными сразу в нескольких смыслах, а потому не могут быть носителями истины сами по себе. В первом смысле Космос вторичен постольку, поскольку он не мог породить сам себя своим собственным актом, а значит, имеет причину своего существования не в себе, а во внешней силе, в Твор-

це. Во втором смысле Космос несамостоятелен субстанционально, ибо он сотворен из ничего, и до него не было ничего, из чего мог бы он появиться хотя бы потенциально. Наконец, само существование Космоса уже после акта творения также несамостоятельно, поскольку седьмой день в Священном писании есть день не творения, а попечения обо всех тварях, то есть Бог в седьмой день выступает не как Творец, а как «поддерживающий» творение. Кстати, седьмой день для средневекового мышления длится и поныне, ибо день в Писании не есть промежуток между двумя ночами, поскольку день появляется уже в первом акте творения, а светила, отмеряющие день, ночь и время, – только в третьем.

Как ни парадоксально, все вышесказанное не отменяет интереса средневекового теоретического мышления к природе и Космосу, окружающим человека. Но интерес этот глубоко вторичен, поскольку вторична сама природа, сам Космос, сам человек. Познание природы не запрещается (и средневековая церковь никогда таких категорических запретов не накладывала), но такое познание имеет, как правило, прикладной характер, как, например, изучение свойств лекарственных трав, ядов и антидотов или наблюдение небесных тел, само по себе вполне безобидное. Предосудительно не изучение природы, предосудительно извлечение из природы онтологических выводов о самостоятельности природы или, например, о субстанциональности материи или о несовершенстве всего сущего. Вообще конечной целью изучения

природы является восхищение мудростью Творца, убеждение в его предусмотрительности, совершенстве и всеблаготворности.

Несмотря на то что природа Космоса сама по себе не ведет к Истине, тем не менее она свидетельствует об истине, а каждая вещь в природе своим совершенством отсылает к совершенному замыслу Творца – как и сам познающий субъект, находящийся внутри контекста всех творений. И задача настоящего ума-теоретика в этой ситуации увидеть и услышать единое «служение» всех вещей (литургию), славящих своего Творца и отсылающих к нему своим собственным бытием. Космос – это символ Бога, который именно своим символизмом свидетельствует о Его всемогуществе. Как А. Блок писал в свое время, «слушайте музыку революции», так и средневековый ученый призвал бы нас: «Вслушайтесь в музыку космической литургии!»

Есть еще одна важная деталь во всей вышеописанной картине. Дело в том, что для античного человека Космос, прекрасный совершенный Космос, выступал как нечто внешнее, чуждо-прекрасное, подобное Снежной Королеве в известной детской сказке. Эту красоту невозможно любить (ибо никакого ответного чувства от нее нельзя дожидаться), ею можно только восхищаться. Для средневекового мыслителя отношения человека и Космоса качественно иные, ведь они в каждый момент опосредованы отношением человека к Богу. Бог выступает как личность, отношение к которой в своем

абсолютном максимуме есть любовь. Бог любит человека и ждет от человека того же – следовательно, любовью становится сама Истина, а процесс познания неявно преобразуется в акт возвышенного любовного чувства. Именно в этом глубоком чувстве заложен успех всего познавательного процесса: исследователь не просто изучает Космос, он искренне любит то, что изучает, поскольку оно является творением любимого Творца-Отца.

Качественное отличие вновь обнаруживается в глубине этого акта – ибо человек-тварь в средневековой картине мира рассматривается как восставший против Отца и изгнанный Им. Расплатой за грехопадение стала телесная смерть, ибо легендарный Адам до грехопадения имел не только бессмертную душу, но и тело. Целью жизни человека в постгреховную эпоху стало спасение. Поэтому для средневекового ученого речь не идет о познании мира ради праздного интереса – речь идет о спасении души, о воссоединении с Творцом, о восстановлении разрушенной связи. Человек познает мир не просто так – это, с одной стороны, акт любви к Творцу, с другой – шагок на пути к спасению. Последнее – крайне важная деталь, поскольку полностью определяет средневековое мышление на всех уровнях. Вся жизнь средневекового человека направлена к этой цели. Ибо если к этой цели не двигаться, то зачем тогда жить?

§ 3. Разработка методологии: вера или разум?

Радикальное изменение целей познания потребовало радикальной постановки вопроса о методах постижения Истины. Если основная сложность для античных ученых была связана с поиском пути, открывающего соразмерность мысли и Космоса и реализующегося как интеллектуальное созерцание (теория), то основная задача средневековой теоретической мысли выглядела еще более сложной, поскольку предполагала поиск путей не к природе и Космосу (где человек и живет по преимуществу), а за их пределы – к сверхъестественному абсолютному суверенному Творцу. С другой стороны, эта сложность частично облегчалась качественно иным отношением к разыскиваемой истине. Для античного ученого истина условно выглядела как отстраненно-холодная всесовершенная красота, которая всегда остается чуждой человеку внешней силой безжалостной судьбы, с которой невозможно общение, от которой бессмысленно ждать ответа на свои чувства. Для средневекового теолога ситуация была иной. Да, грехопадение разорвало связь человека и трансцендентного Бога, но Бог продолжал оставаться личностью, любящей человека и ждущей от него ответной любви. Отсюда обязательная черта всякой методологии средневекового теоретика: живое чувство к Богу, определяющее и

всю методологию в целом в плане ее направления.

Другой контекст методологического развития средневековой мысли – это дискуссия о вере и разуме как путях движения к истине. Дискуссия эта возникла в последние века античности и была связана с теми спорами, которые велись ранними христианскими и античными теоретиками. Суть этих споров вкратце состоит в следующем. В первые века христианство не особо нуждалось в теоретическом обосновании и не вступало в активное противостояние с античной культурой и лежащей в ее основе весьма своеобразной рациональностью. Распространение христианства и его проникновение в среду образованных людей высших сословий заставило античных ученых обратить, наконец, внимание на этот своеобразный феномен. Античная теоретико-философская мысль достойно приняла вызов, создав множество произведений (до нас по понятным причинам не дошедших), с которыми приходилось спорить теперь уже христианским мыслителям-апологетам (защитникам веры). В целом, в христианской апологетике достаточно быстро образовались две линии: латинские апологеты, самым ярким и радикальным из которых был Тертуллиан, призывающие полностью отречься от античного теоретико-философского наследия, мотивируя это самыми разными аргументами, прежде всего, конечно, языческим характером античной культуры; и греческие апологеты, в лице, например, Оригена Александрийского, считавшие, что античное теоретико-философ-

ское знание должно быть изучено и по возможности воспринято христианством, поскольку содержит в себе уникальный опыт постижения истины (то есть поиска спасения) задолго до пришествия Христа. Эти две условные линии сохранились и тогда, когда эпоха христианской апологетики завершилась.

Первый этап становления христианской мысли тесно связан с так называемыми отцами церкви и получил название «патристика». Его представители, самым, пожалуй, ярким из которых был Аврелий Августин, несмотря на широкое использование античной теоретической мудрости в своих трудах, отдавали, в целом, предпочтение вере, то есть истине Откровения. Смысл ее в следующем: человек настолько слаб и не способен самостоятельно постичь истину, что рассчитывать ему остается только на Бога, который ему эту истину приоткроет, сочтя его этой истины достойным. Дело истины, как и дело спасения, целиком оказывается в божественных руках, поскольку человек не может подготовиться к откровению или со своей стороны сделаться достойным его вынести – достойным его делает Бог своим актом выбора, никак иначе.

Здесь, конечно, частично сказывается напряженный путь к вере самих представителей патристики. Августин, в частности, испытал весь ужас отчаяния неверия – ужас еще более сильный оттого, что разумом к этой истине он давным-давно пришел. Но, придя к истине разумом после долгих иска-

ний и разочарований, убедившись, что это то, что ему нужно, он вдруг обнаружил, что невозможно совершить последний шаг, без которого обретение истины не состоится, – невозможно поверить и принять истину сердцем, даже если человек очень этого хочет. Этот тот пункт, где человек бессилён без Бога. Впоследствии Августин прямо будет указывать, что сам акт веры несколько не является заслугой самого по себе человека, поскольку исходит не от человека, а от Творца. К счастью, для Августина все закончилось хорошо, однако он очень хорошо усвоил, что без веры разум слеп, знание пусто, а истина недостижима. Отсюда правило Августина: все, что я понимаю, в то я верю, но не все, во что я верю, я понимаю. И если непонимание спасается верой, то обратный ход не возможен, ибо разум не в состоянии компенсировать отсутствие веры и Божественного откровения.

В начале второго тысячелетия позиция по указанному вопросу несколько трансформировалась. Лучше всего эту трансформацию выразил богослов Ансельм Кентерберийский следующим афоризмом: «я верю, чтобы понимать». Это еще не возвращает разум на ведущие позиции в познании (в средневековую эпоху такой последовательный возврат и не произойдет), но все-таки означает его частичную реабилитацию. Если в эпоху патристики разум часто рассматривался не просто как тупиковый путь сам по себе, а как помеха для веры, помеха, которую нужно убрать уходом в полный иррационализм («абсурдность», как говорил Тертулли-

ан, должна в таком случае стать критерием истины), то теперь эта человеческая способность трактуется в контексте образа Бога в человеке, наряду со свободной волей и бессмертной душой. Разум становится верующим, вера – разумной. Иррациональная вера, никакого отношения к разуму не имеющая, понимается как вера слабая, как нечто уже почти превратившееся в суеверие. Неразумный крестьянин, посещающий церковь и искренне считающий себя христианином, может молиться святому о дожде, а в случае отсутствия дождя повесить икону незадачливого святого вверх ногами или выбросить ее в наказание в дорожную пыль. Знающий, разумный христианин понимает, что это – язычество, то есть суеверие, и не поступит так никогда.

Отличительной особенностью новой эпохи становится поиск рациональных доказательств бытия Бога. Для чего же философы-теологи ищут эти доказательства? Ведь как люди верующие, они не нуждаются ни в каких доказательствах божественного присутствия, вера дает им знание этого. Одной из причин этого является демонстрация возможностей разума, направляемого верой. Впоследствии, в Новое время, немецкий философ Иммануил Кант придет к выводу, что все эти «доказательства» содержат логические ошибки и по сути своей доказательствами не являются, поскольку вопрос о существовании сверхъестественного абсолютного существа вообще не находится в компетенции разума. Сегодня многие авторы демонстрируют указанные ошибки в доказатель-

ствах, в частности распространенную ошибку под названием «логический круг». Но неужели сами теологи Средневековья не видели этих очевидных ныне ошибок? Дело, думается, здесь в ином, а именно в том, чтобы обосновать очень важный для многих из них тезис: правильно мыслящий человек неизбежно мыслит как христианин, даже если он ничего не знает о Христе и о спасении. Верующий разум, таким образом, становится еще одним путем, ведущим к истине, а не от нее. Главное же здесь то, что разум без веры перестает быть разумом – он превращается в рассудок, который сам по себе ни на что не способен, кроме как логически исчислять субъекты и предикаты, не понимая, куда нужно двигаться и зачем. Такое симбиотическое взаимодействие веры и разума величайший теолог Средневековья Фома Аквинский назвал «гармонией», то есть устойчивым соединением.

Сегодня нам эта эпоха известна под названием «схоластика» (лат. *scholastica* от греч. *σχολαστικός* – школьный, ученый) – «школьное учение» или учение «учителей». Помимо указанных выше моментов, схоластика определялась еще рядом весьма важных факторов. Первый фактор – появление университетов. Так совпало, что пробуждение разума совпало с пробуждением городской жизни, торговли и интереса к самым разным знаниям. Университеты стали уникальной структурой, объединявшей в корпорации студентов и преподавателей, но и задающей определенный стандарт в преподавании, в том числе и теологических дисциплин. Богослов

теперь должен был не только уметь умно и тонко рассуждать об откровении в своей келье, но и отстаивать свою позицию в публичной дискуссии. Это парадоксальным образом привело как минимум к двум важным последствиям. Во-первых, богословие оказалось сильно заинтересованным в формальной логике, прежде всего Аристотеля. На этом фоне реабилитация ряда элементов учения Аристотеля, в том числе и физики, была уже не за горами. Во-вторых, каждый ученый высказывался теперь не столько от своего имени, сколько от имени «школы», то есть от имени богословской истины, как таковой. Радикально изменился приоритет – целью ученого стало не открытие нового знания, а раскрытие новых смыслов и толкований уже имеющегося. Новое знание становилось опасным, поскольку новизна очень близко подводила человека к ереси, даже если сам человек этого не подозревал. Отсюда следование форме, стилю, школе, а также всем нам знакомая система ссылок, система глосс (определений и пояснений на полях книг, отсюда – современные глоссарии) и другие элементы так называемой книжной культуры, дожившие до сегодняшнего дня.

Возникновение университетов хронологически совпало с расцветом эпохи Крестовых походов, во многом ставших главными и знаковыми событиями Средневековья, как такового. Сами по себе походы уже означали – если не брать их кровавую военную составляющую и все, что с ней связано, – мощнейший контакт между Востоком и Западом. Европей-

ская мысль, как сквозь сон, через арабо-сирийские переводы и интерпретации, начала вспоминать свою богатейшую античную предысторию, обнаруживая для себя в ней все новые и новые клады интеллектуального сокровища. Выяснилось вдруг, что идеи поздних эллинистических философов и ученых, почти забытые из-за их споров с христианскими апологетами, а то и просто запрещенные церковью, прекрасно сохранились в различных культурных слоях арабской интеллектуальной культуры. Европейский образованный слой вдруг обнаружил, в том числе и в них, глоток свежей мысли древности, а древность тогда воспринималась как гарантия истинности знания самого по себе.

Сказанное выше позволяет понять, насколько серьезен был вызов, брошенный самой эпохой церкви, уже привыкшей выступать от имени единственного хранителя интеллектуальных традиций и вообще от имени хранительницы Истины. И появление схоластики в какой-то мере является ответом на этот вызов. Церкви вновь приходится вести дискуссии, как и в первые века христианства, с одним, правда, отличием: схоластика разворачивается и реализует себя в условиях уже сложившейся, а не складывающейся традиции, в условиях сформировавшегося Священного предания, а не споров о догматике. Это означает, что одним из положений схоластической методологии становится позиция, согласно которой истина уже полностью дана в Писании и в Предании, и ничего принципиально нового человек не про-

сто открыть не в состоянии – ему ничего нового и не может быть дано. Вопрос только в том, как именно оно дано, в какой форме. Форма эта – символический текст, который, несмотря на то что истина в нем дана полностью, может быть прочитан бесконечное количество раз, поскольку символизация и предполагает такую множественную игру значений. Схоластика, таким образом, становится искусством чтения и комментирования текстов Писания и Предания с целью выявления истины, или истин, уже заранее полностью данных внутри чистого символизма. Здесь огромную роль начинает играть формально-логический аппарат как универсальная основа для любой дискуссии, что во многом приведет усилиями Альберта Великого и его ученика Фомы Аквинского к реабилитации Аристотеля и оправданию его в глазах схоластической теологии.

Тем не менее главным в таком символическом прочтении остается доказательство своей правоты через доказательство своей позиции кого-либо из Святых отцов или какого-то положения Писания. Отсюда – система отсылок к мнениям авторитетов, фактически без изменений дожившая до наших дней. Я говорю не от своего имени, постоянно акцентирует внимание в споре схоласт, я лишь проясняю и разъясняю то, что до меня уже было сказано и признано церковью вполне каноническим. Опасность высказать свое собственное мнение (сравните: своемнение, своеволие) является опасностью высказывания ереси. По большому счету, это и есть та почва,

на которой возникает так называемая «Первая инквизиция», целью которой было не просто выявление и наказание ересей, но своего рода «антиеретическая теоретическая» экспертиза различных вариантов толкования текстов. Понятно, что в такой обстановке к откровению начинают относиться более чем подозрительно, ибо всегда в силе остается вопрос, обращенный на суде к Жанне Д'Арк: а откуда тебе известно, что с тобой откровенничает именно Бог, а не дьявол?

Возникновение интеллектуальной потребности в новом знании, появление новых арабских (Авиценна) и иудейских (Маймонид) источников было благодатной почвой для появления все новых и новых отклонений в толкованиях христианской традиции, отклонений, которые действительно могут граничить с ересью, но и по сути являться таковой. Церковь и ее рационализированная в духе Аристотеля теология в этом контексте получали в свои союзники одного из величайших умов древности, несмотря на то что некоторые труды Аристотеля средневековым читателям не были знакомы, а другие были знакомы с изъятиями, во вторичных переводах и комментариях и т. д. С другой стороны, неаристотелевские рациональные практики часто находились под подозрением.

Такой тотальный, часто даже очень мелочный контроль церкви, безусловно, сдерживал научное развитие и ограничивал интеллектуальное творчество, однако с точки зрения самой церкви и ее представителей-инквизиторов он был

необходим. Вспомним, что главная цель, к которой было устремлено все существование средневекового человека от теолога до ремесленника, от крестьянина до студента-школяра, – это спасение, бесконечное счастье и блаженство, альтернативой которым является бесконечное страдание души в бесконечной жизни. Ересь как отступление закрывала путь к спасению любому, кто ее исповедовал – и не важно, насколько искренне заблуждался еретик. Именно поэтому целью инквизиторов поначалу было не осуждение еретика (или обвиняемого в ереси), а его раскаяние, то есть возвращение в лоно церкви. Сказанное выше несколько не оправдывает инквизицию, но скорее позволяет прояснить логику средневекового интеллектуала, не рассматривающего свое творчество как индивидуальное, а потому обязанного постоянно учитывать потенциальную возможность соращения своих менее искушенных последователей на скользкую дорогу отступления от истины, на которой ничего, кроме гибели, обрести уже нельзя.

Тем не менее в XI в. в средневековой интеллектуальной традиции наметились две линии преодоления схоластики. Первая была связана с именем великого Ибн-Рушда (Аверроэса) и его последователями – аверроистами, чьи позиции оказались близки, в частности, взглядам Роджера Бэкона, Сигера Брабантского и Уильяма Оккама. Самым важным для нас в учении арабского мыслителя является учение, получившее позднее название «двойная истина», или «двой-

ственная истина» (сам Аверроэс этот термин не употреблял, поскольку в его учении «две истины» выступали скорее самостоятельными независимыми суверенными путями к истине, не основывающимися друг на друге и потому не опровергающими друг друга). Суть этой концепции, развиваемой в Европе Сингером, заключается в том, что истины разума и истины веры абсолютно самостоятельны как методологически (о чем можно найти у Аверроэса), так и сущностно. Иначе говоря, истины естествознания никак не опровергают и не подтверждают сведения из Святого писания. И наоборот – истины веры не могут выступать как базовые основания рационального познания. Такое решение проблемы разума и веры позволяло ученому в вопросах познания освободиться от религиозных авторитетов. Разумеется, эта позиция вызвала критику со стороны католической церкви. Аверроизм был официально осужден, а сам великий Фома Аквинский в противовес «двойственной истине» разработал учение о гармонии, то есть единстве разума и веры.

Вторая линия критики схоластики, казалось, возвращала мысль во времена Тертуллиана с его доказательством истинности веры ее абсурдностью. Это направление получило обобщенное наименование «мистика». Собственно, мистика (от греч. «скрытый», «тайный») представляет собой важный элемент любого религиозного мировоззрения, поскольку предполагает наличие сверхъестественных сил и их связей с человеком. Однако мистика, о которой речь зашла

у нас, носила, помимо прочего, и явный анстисхоластический характер. Представители этого направления, в частности Майстер Экхарт, видели в схоластике опасное заблуждение: схоластика, по их мнению, порождала иллюзию знания истины, которую человек никак не может знать в силу своего несовершенства. И если схоласты, признавая авторитет веры, пытались придать этой вере разумную форму, а интеллектуальным практикам рациональный характер, то мистики видели в этом лишь самообман и попытки слабого интеллекта ухватиться хоть за что-то в этом мире. Схоласты обнаруживали в священных текстах возможный путь к истине или ее прояснению, для мистиков тесты сами по себе никуда не вели, не ведут и вести не могут. В текстах нет строгой необходимости в свете конечной цели человеческого бытия (ведь разбойник, спасенный Христом, был неграмотным). Не отвергая грамотность как таковую, мистики предлагали делать акцент не на нее, не на книжную отвлеченную мудрость, где за словами не видно Истины, а на живое общение с Богом через «чтение» книги, созданной Им непосредственно, то есть тварного мира – мира, который оказывается забыт схоластикой, подмененный миром пустых понятий. Сверхъестественное мистиками также толкуется символически, но символом здесь выступает не текст, а его природа. Другое дело, поскольку Бог творит и поддерживает творение не столько силой разума, сколько неким онтологическим актом, то и постижение должно быть таковым: через жизнь в тварном

мире, через уподобление Богу, через непосредственный контакт с бытием. В этих условиях особое значение приобретает проповедь как живое общение, а не теоретический схоластический трактат, посвященный истолкованиям «сущего и сущности».

Мистическое постижение истины могло бы напомнить теоретическое созерцание античных ученых, если бы не одно «но» – последовательный и однозначный иррационализм мистиков. Для античного ученого, например представителя неоплатонизма Прокла, мистическое постижение Единого как основы всего являлось разумным, точнее сверхчеловечески-разумным, возникающим в тот момент, когда разум в теоретическом развертывании истины в предельный момент своей собственной открытости миру и восприятия мира в себе вдруг сам переходил в новое качество и начинал видеть истину в божественном экстазе. Экстаз преодолевал разум, но на основе разума, открывая и преображая разум в разумном созерцании через самого себя. Схоластическая традиция и борьба с ней этот путь для мистиков если не закрыла, то сделала чрезвычайно труднодоступным. Поэтому озарение мистиков постигало истину в Боге не через движение, напряжение, преодоление разума, а в обход него, через его простое отрицание, фактически вновь отождествляя разум с рассудком. Иначе говоря, античный ученый, слушая космическую симфонию, подобно Пифагору, всегда видел и различал в ней разумный порядок (пусть и не до конца по-

стижимый человеческим разумом), мистик же целиком отдавался потоку Космической литургии, отказываясь от разума как от досадной помехи.

Как не покажется парадоксальным, именно мистическое мировоззрение окажет, пожалуй, наиболее интенсивное влияние на становление современной науки на ранних ее этапах. Более того, схоластика, как-никак оправдывающая рационализм, будет восприниматься практически всеми учеными этой эпохи как основной противник – как и Аристотель длительное время после Средневековья будет истолковываться как пустой формалист и душитель интеллектуальной свободы.

Поговорим о прочитанном

1. Почему для европейского средневекового ученого-интеллектуала природа не представляет первичного интереса по сравнению со сверхъестественным Богом?
2. Какова главная цель жизни и деятельности, в том числе и познавательной, для средневекового человека?
3. Почему католическая церковь в эпоху Средневековья не поощряла (хотя и не запрещала прямо) исследования природы?
4. Как в эпоху раннего Средневековья христианские ученые решали вопрос о судьбе культурного наследия Античности?
5. Как в контексте средневекового теоцентризма решалась проблема соотношения веры и разума?
6. Из курса философии вспомните, что такое универсалии. Почему они вызвали в средневековой науке столь существенный интерес?
7. В чем суть схоластического метода? Какие претензии предъявляли схоластам их противники? Почему именно схоластику назовет своим врагом молодая наука XVII в.?
8. Как средневековая мистика понимала цели и методы познания природы?
9. Что такое «двойственная истина»? Какое влияние она оказала на интеллектуальный климат позднего Средневеко-

вья?

10. Почему концепция Аристотеля – Птолемея получила столь быстрое и влиятельное распространение в эпоху зрелого и позднего Средневековья?

Тема 3. Гении классического естествознания: революционные открытия эпохи возрождения и нового времени

§ 1. Триумф и падение геоцентрического мировоззрения

Картина мира Аристотеля – Птолемея просуществовала очень долго и объединила несколько исторических эпох. Ей удалось пережить крах античной культуры, расцвет арабской и среднеазиатской науки, вновь вернуться в Европу и на протяжении веков занимать ведущее положение. С чем же связана была ее небывалая устойчивость? Прежде всего с тем, что эта картина мира действительно многое объясняла и объясняла неплохо. Те противоречия, которые в ней были, те расхождения с расчетами, которые многими учеными обнаруживались, не могли окончательно испортить ее репутацию. Ибо по представлениям как античного, так и унаследовавшего его средневековые теоретические знания, несовершенный человеческий ум не в силах постичь в полной мере порядок и красоту Космоса, как и Божественный замысел его Твор-

ца. Парадоксальным образом недостатки теории Аристотеля – Птолемея скорее укрепляли ее, свидетельствуя о несовершенстве человеческого ума, нежели ослабляли и фальсифицировали саму концепцию.

Теория Птолемея в эпоху Средневековья была существенно дополнена в содержательном плане арабскими – трудами Ибн-Сины (Авиценны) и европейскими (составление Альфонсовых таблиц в XIII в. или работы Георга фон Пурбаха, Иоганна Региомонтана в XV в.) учеными. Эти дополнения не затрагивали по существу ее ядро – аристотелевскую физику и онтологию, подобно тому, как достижения римских ученых в конкретных областях знания почти никак не отразились на глубинной сути содержания учений античных философских школ. Как римская интеллектуальная традиция, так и традиции Запада и Востока ограничивались лишь дополнениями и, в частности, созданием более точных приборов измерений, например гигантских квадрантов. Аристотель же на этом фоне лишь укреплял свою позицию, поскольку новые и новые факты, «спасенные» птолемеевской теорией, становились ее новыми косвенными подтверждениями. К XVI в. картина мира Аристотеля – Птолемея переживала свой подлинный триумф. Она была признана величайшими учеными и теологами. Она опиралась на систему сложнейших расчетов. Она вполне удовлетворительно объясняла большинство имеющихся фактов. Ее величие покоилось на незыблемом авторитете величайшего ученого древ-

ности, а сам авторитет при этом питался ее силой и мощью. И главное, у нее не было сколь-нибудь действенной альтернативы.

Тем удивительнее кажется нам тот переворот, который потряс европейскую мысль за какое-то столетие, радикально поменявший не только лишь теорию движения, но все учение о природе в целом и до оснований. Ученый середины XVII в. мыслит совсем не так, как мыслил его коллега еще за столетие до этого. Природа, предстающая перед глазами исследователя эпохи Рене Декарта и Исаака Ньютона, совсем не такая, какой она была для современников Николая Коперника. Интересно и то, что переворот затронул не только узкую область теоретического знания, – XVI столетие стало революционным во всех смыслах, породив такие процессы, которые отзывались потрясениями и веком позже. Попробуем вспомнить основные потрясения этой эпохи, ломавшей прошлый уклад безжалостно и безвозвратно, очевидные каждому свидетелю той эпохи. Во-первых, изменился мир, который привыкли видеть европейцы, – его границы, некогда очерченные уютной хорошо знакомой Европой, теперь совпадали с границами земного шара. Эпоха Великих географических открытий открыла Землю европейцам и разрушила те иллюзии, которые имелись даже у Колумба, например, относительно размеров Земли или соотношения на ней воды и суши.

Во-вторых, рухнул образ того, что считалось, в частности

у алхимиков, вечной божественной неизменной субстанцией – обесценилось золото. Для человека Средневековья золото всегда было равно себе самому как в пространстве (в этом был залог успеха обменно-валютных операций), так и во времени. Золото задавало своего рода иерархическое пространство, в котором перемещались товары, которые могли упасть в цене, испортиться, погибнуть, несмотря на происходящие частные инфляционные процессы, и т. д. Золото же всегда оставалось золотом, которого не может быть «слишком много». Теперь же золото с каждым днем могло стоить все дешевле, а тот, кто получал больше золота, становился все беднее и беднее. Сегодня мы называем эти процессы «революция цен» или инфляция, связываем их с ростом притока золота в Европу из колоний Нового света и легко объясняем простейшими экономическими законами. В XVI в. это казалось невероятным.

В-третьих, Иоганн Гуттенберг изобретает печатный станок – что открывает путь к широкому тиражированию книг и, в перспективе, к распространению всеобщей грамотности. Сгоревшая книга теперь воспроизводится в сотнях и тысячах экземпляров. Из предмета для немногих, книга превращается в вещь, доступную всем.

Наконец, в-четвертых, раскол поразил Римско-католическую церковь, институт, представляющий основу основ бытия средневекового человека. На протяжении тысячелетия церковь активно с переменным успехом боролась с инако-

мыслием в своей среде, с различными ересями, со светской властью, однако вызов XVI в. был на порядок серьезнее – церковь перестала быть вселенской, возник протестантизм, новая версии христианства. Современник логично задавался вопросом – если церковь не права, кто прав? Если рушатся авторитеты, на что надеяться? Если рушится привычный мир, как жить?

§ 2. Коперник против Птолемея

В этом бурном контексте и разворачивается интересующая нас революция, начало которой было положено священником из польского города Фромборка Николаем Коперником. Само название его основной работы на чисто словесном уровне парадоксально-символически отсылает именно к революции: «*De revolutionibus orbium coelestium*» («О вращении небесных сфер»). При этом сам Коперник – видный польский математик, астроном, физик – не замышлял, как показывают источники, какого-либо радикального переворота в науке того времени. В своих построениях и положениях он опирался на ряд положений, оформленных самой эпохой переворотов и революций и явно-неявно им постулируемых. Первое – ученый в своих научных выкладках должен действовать самостоятельно, руководствуясь собственным умом, а не прикрываясь книжной мудростью современных ученых. Второе – для истинного познания Космоса необходим возврат к настоящей, подлинной мудрости древности, в том числе и чистой мудрости самого Аристотеля, затемненной веками различных интерпретаций и комментариев. Последнее, кстати, очень любопытная тенденция любого смутного времени, когда страх перед неопределенностью и неудовлетворенность существующим положением вещей часто заставляет интуитивно возвращаться к истокам, к фун-

даментальным основаниям, базовым принципам и т. д. Это было характерно не только для Коперника, но и для последователей, например, так называемой герметической традиции (тексты I в н. э. они рассматривали как мудрость, восходящую к самому Гермесу Трисмегисту) или для самого Мартина Лютера, начавшего свою реформаторскую практику с призыва вернуться к изначальному христианству, то есть по сути, с радикального фундаментализма.

Коперник выступил против Птолемея по целому ряду позиций, действуя прежде всего как математик (а мы помним, что именно математическая форма традиционно считалась одной из сильных сторон птолемеевой теории). Во-первых, по его мнению, Птолемей нарушил свой собственный принцип равномерности движения планет вокруг центра, введя искусственное построение – эквант. Ведь эквант – это воображаемая точка вне Земли, вокруг которой планета движется равномерно. Но зачем же так усложнять, спрашивает Коперник, если, вероятно, есть и более простое рациональное решение для описания сочетания сфер и орбит планет. Во-вторых, Коперника не удовлетворяет то, как Птолемей объясняет смену времен года и дня и ночи. В-третьих, Коперник критикует птолемеевскую систему за то, что она имеет неограниченные возможности для собственного усложнения («спасения фактов»), но при этом имеет очень сложную структуру, элементы которой почти никак не связаны в единую систему, хотя геометрически это представля-

ется более чем необходимым.

Решение этих задач, точнее, нескольких уравнений в рамках единой задачи, Коперник видит в чрезвычайно смелом предположении о том, что все небесные сферы движутся вокруг Солнца, около которого находится «как бы центр мира», Земля же является лишь центром тяготения, как и любая планета или небесное тело и центром лунной орбиты. При этом Земля вращается вокруг своей оси, чем и определяется, в частности, смена суток. Проверить эту гипотезу (как, впрочем, и птолемеевскую) в то время было невозможно. Никакие факты или эксперименты не могли свидетельствовать как в ее пользу, так и против нее. Главными доводами Коперника были геометрическое математическое единство системы небесных сфер, а также исчезновение эпициклов и эквантов для ряда планет при введении главного допущения о Солнце как центре всех небесных сфер. Довод, связанный с исчезновением эпициклов, для Коперника имел решающее значение. Однако для многих, так называемых «верхних» (от Марса) планет при перенесении на них расчетов Коперника (уже после его смерти) эпициклы, увы, сохранились, едва ли не увеличившись в числе, что и послужило со временем росту критического отношения многих астрономов к коперниканским выводам в целом. До нас дошел и самый сильный известный аргумент оппонентов коперниканцев: если Земля вращается, то почему мы не ощущаем вращения?

Утвердив Солнце на место Земли, заставив Землю вращаться как вокруг Солнца, так и своей оси, Коперник многое оставил в системе Аристотеля почти без изменений: круговые орбиты планет, небесные вращающиеся сферы (что, кстати, отразилось и в парадоксальном названии его труда), сферу неподвижных звезд и т. д. Но, повторимся, Коперник и не рассматривал свои размышления как радикально-революционные, ведь и у Аристотеля Земля играла лишь роль видимого физического материального центра Космоса, тогда как подлинным центром выступал Ум Перводвигатель как первопричина всего сущего в Космосе, первоисточник всякого движения.

В этой связи интересно замечание Коперника относительно того, что расстояние от Земли до Солнца настолько мало относительно общих размеров Космоса (расстояния от Земли и Солнца до сферы неподвижных звезд), что можно условно считать их находящимися в одной точке, но не строго в центре мира. Эта оговорка делает революционность Коперника еще более условной, а пресловутую гелиоцентрическую модель не более чем возможной схемой, лучше своих конкурентов описывающей некоторые явления и полнее отвечающей критериям традиционно-аристотелевой науки. Строго говоря, ведь и птолемеевская система с ее эквантами не могла считаться абсолютным геоцентризмом. Таким образом, Коперник не отбрасывал Аристотеля, он, по своему разумению, скорее наделял его новым дыханием.

Гипотеза Коперника в будущем стала называться гелиоцентризмом и сменила собой древний геоцентризм. До сих пор наши общие представления о Солнечной системе являются, по преимуществу, коперниковскими.

Тем не менее Коперник понимал, сколько противников у него обнаружится в момент, когда работа будет опубликована. По этой причине он действовал очень осторожно и не спешил широко объявлять о своей гипотезе – о ней он общал лишь самым близким коллегами, храня труды только в рукописи. Он не спешил ввязываться в дискуссии ученых мужей. Главная его работа «О вращении...» вышла в год его смерти с посвящением папе Петру III и весьма осторожным комментарием. Как и рассчитывал Коперник, работа вызвала огромный интерес, однако была подвергнута вполне справедливой критике коллег-католиков, в том числе и за дополнительные эпициклы. Протестанты, включая Лютера, восприняли работу в штыки, вплоть до требований ее запрета и уничтожения; наконец, в конце XVI в. в условиях ожесточенной контрреформационной борьбы она была включена в индекс запрещенных книг и Римской церковью.

§ 3. Открытие бесконечности

Другим своеобразным пунктом революционного прорыва XVI в. стало новое понимание природы Космоса. Все больше и больше интеллектуалов той эпохи склонялись к точке зрения о его бесконечности. Даже те, кто, подобно Аристотелю, продолжал настаивать на его конечности как определенности и оформленности – ибо актуальной бесконечности, как доказывал Аристотель, не бывает – часто склонялись к тому, что относительно небольших расстояний (например, радиус Земли или расстояние от Земли до Луны) размеры Космоса настолько огромны, что вполне могут считаться бесконечными. Такой позиции, как мы видели, придерживался даже великий Коперник. Да, Космос конечен с точки зрения его определенности и упорядоченности (качественно), однако его вполне можно считать бесконечным с точки зрения его количественных измерений в зависимости от избранной системы мер.

Ученым древности была известна бесконечность, которую часто отождествляли с пустотой, но потенциальная, возможная. Такой бесконечностью, например, выступает бесконечная делимость единого бытия, хотя здесь, скорее, перед нами парадокс, ведь неделимое не делится, но мы можем этот процесс представить в его бесконечности. Аристотель, чей авторитет долгое время был непререкаем, соединил потенциаль-

ную бесконечность с математической. У нас есть числовой ряд, рассуждал Аристотель, и мы прибавляем к каждому последнему числу единицу. Есть ли у этого действия предел? Теоретически – нет. Я всегда могу вообразить за определенным числом большее его на единицу. Вообразить – да, но распространяется ли это утверждение на чувственный мир? Возможна ли бесконечность в своей актуализации?

Аристотель, отождествляя бесконечность с пустотой, на этот вопрос отвечал категорически – нет, не возможна. Мы уже видели, что в аристотелевском Космосе пространство иерархично (небесные сферы, надлунный и подлунный миры, неподвижный центр Космоса и т. д.), а никакое тело не сможет естественно двигаться, если у него нет места (его, выделенного в Космосе, места) – как не сможет никуда двигаться бесконечно большое тело.

Впрочем, некоторые ученые и философы (Демокрит Абдерский) допускали бесконечность (пустоту) в свои построения, однако самой ее природы они, как правило, не касались, что не мудрено – разве можно высказаться о чем-то неопределенном, не имеющем границ, не имеющем различий внутри себя? Да и как отличить его от других вещей? Какое слово выбрать для его обозначения, ведь всякое слово имеет значение, то есть определено в своих предметных границах. Для того чтобы говорить о неопределенном, его необходимо определить, то есть ввести в необходимые пределы. Пределы не столько человеческие, сколько космиче-

ские или онтологические, например – идеи или формы. Иначе неопределенность не сможет явить себя кому-либо, даже себе самой, а не только весьма ограниченному человеческому разуму. Так не определена, например, чистая материя у Аристотеля, выступающая как чистая возможность, без какого-либо существования, в отличие от материальных вещей. Неопределенность и бесконечность, таким образом, являются синонимами небытия, несуществования, хаоса и дезорганизации.

Первый прорыв в бесконечность был осуществлен в первой половине XV в. итальянскими художниками и архитекторами эпохи Возрождения, прежде всего Филиппо Брунеллески и Леоном Баттистой Альберти, описавшими и успешно применившими в своем творчестве всем сегодня хорошо знакомую линейную перспективу. Многие современные исследователи связывают это изобретение с чисто практической необходимостью универсализации художественных операций в связи с ростом заказов у художников и архитекторов той эпохи. Однако, во-первых, подобные «правила» существовали в изобразительном искусстве всегда, причем в зависимости от специфики картины мира той или иной эпохи. Во-вторых, новые правила перспективы изначально выстраивались на математическом фундаменте, на учениях о пересечении прямых, пирамидах, теориях пропорций, подобий, на строгих расчетах и вычислениях, настолько строгих, что такого рода работа требовала специальной подготовки и

выходила за рамки общепринятых математических учений, изучаемых в так называемых школах «абака». Это, в частности, привело к тому, что Северное Возрождение к идее перспективы вплоть до Альбрехта Дюрера (XVI в.) относилось весьма прохладно.

Собственно, сама идея линейной перспективы предусматривала следующее: создание у зрителя иллюзии реальности, снятие границы между изображением и зрителем, точность пропорций в передаче приближенных и отдаленных предметов. Достигались подобные эффекты, как уже было указано, строгими построениями, прежде всего, «зрительной пирамиды» Л. Б. Альберти. Однако, с другой стороны, как отмечают многие авторы, человек никогда не наблюдает мир строго по законам линейной перспективы, хотя бы уже потому, что зрительное восприятие искажается сферой глаза. Таким образом, перспектива рисует мир, никогда не существовавший и несуществующий (во всяком опыте и для всякого опыта, как сказали бы мы), но только через такой несуществующий мир мы и можем, как выясняется, зрительно постичь тот мир, в котором мы сами находимся.

Каков же тот парадоксальный мир, который становится нам доступным через данный художественный прием? Это мир однородного, бесконечного пространства, равноправного во всех направлениях, растворяющего в себе все возможные предметы восприятия и уравнивающего их внутри себя. Так Возрождение раскрывает человеку его зрительный

мир, мир его ощущений – через субъект-объектную математическую схему, развернутую в бесконечность (бесконечность моего взгляда, пронзающего по нормали изображение-картину), этот мир становится знакомым, понятным, изначально естественным или, во всяком случае, порождает полную иллюзию этой естественности и не дает в ней сомневаться. Мир становится зримым через незримое, объективность являет себя через субъективную точку зрения, необходимость и строгость природы требует для себя случайной (равноправной с другими такими же) точки взгляда, а конечный мир, окружающий зрителя, вызывает доверие только в контексте бесконечной схемы линейных перспективных построений.

Развитие интеллектуальной стороны учения о бесконечности Космоса на рубеже Средневековья и Нового времени тесно связано с двумя крупными мыслителями эпохи Возрождения, знакомыми вам по курсу философии. У истоков проблемы стоит учение математика и богослова Николая Кузанского (именуемого также Кузанцем) о символическом взаимопереходе Бога, человека и мира как парадоксальном превращении бесконечного в конечное и обратно. Важно то, что Николай не просто постулирует наличие бесконечности и бесконечности актуальной, но и то, что в его концепции бесконечность впервые начинает работать в качестве силового каркаса всей концепции в целом. Бесконечность здесь не просто элемент теории, бесконечность здесь –

ее самая сердцевина, а значит, она становится и сердцевиной всякого мышления. Что интересно, Николай, будучи одним из видных деятелей церкви, кардиналом, нисколько не порывал с теологической традицией, следуя, по его собственным неоднократным утверждениям, строго в ее рамках. Более того, он никогда не получал прямых обвинений в ереси, хотя по сути своей его взгляды были очень близки к пантеизму (местами – даже к гностицизму), насколько может быть близок к пантеизму с его безличным, разлитым в природе божеством христианский теолог, для которого Бог – это Личность прежде всего. Впрочем, справедливости ради, вновь подчеркнем, пантеизм Кузанского носит исключительно символический характер и не предполагает прямого отождествления Космоса и Бога. В символизме и заключена вся тонкость, сложность и красота его концепции, позволяющей не просто осмысливать Творца и творение в их единстве, но и выводить мышление на качественно новые для той эпохи уровни.

Сегодня концепция Кузанского интересна не столько богословскими тонкостями, сколько развернутой диалектикой конечного-бесконечного, революционной по своей сути и радикально меняющей сам стиль мышления своего времени. До Николая бесконечность, даже признавая ее бытие, можно было тем или иным способом выносить за скобки, рассматривать как фон или парадокс-апорию. После него это сделать уже было нельзя без радикальной травматизации мысли –

ее требовалось включать в сам акт осмысления мира, делая мысль соразмерной ему, то есть безграничной.

Любой здравомыслящий человек согласится, что в ходе познания разум стремится к истине как конечной цели своего бытия, в которой его движение успокаивается, а сам он достигает совершенства. Эта истина, поскольку она выступает как цель познания, является полным, совершенным, законченным знанием, его абсолютным максимумом. Можно назвать эту истину Богом, как это и делает Николай Кузанский, можно обозначить ее как угодно иначе, но общий смысл сказанного выше от этого не изменится. Эта истина выступает как начало познания, так и его конец. Разум стремится к ней изначально, в каждом акте «хочу знать», с самого первого момента своего бытия. Он изначально ее полагает своим собственным актом, как собственную невозможность, как нечто бесконечно отличное от него самого, признавая свое незнание. Но она же выступает и как бесконечно отсроченный финал познания – как абсолютная противоположность «ничто», как абсолютная полнота, доступная разуму противоположности.

Другой вопрос – может ли человеческий разум постичь эту совершенно законченную истину, то есть охарактеризовать ее не только онтологически, как мы это сделали выше, но и содержательно? Разумеется, нет, иначе ему, приняв в себя ее содержание, придется принять на себя все ее атрибуты – то есть стать полным, совершенным, законченным, аб-

солютным. Августин Аврелий в свое время остроумно сравнил подобную процедуру с попыткой вместить мировой океан в обычный столовый стакан. Получается, что разум, с одной стороны, бесконечно стремится к недостижимому, то есть к незнанию, а не к знанию. С другой, это недостижимое уже каким-то невероятным образом достигнуто, ибо разум о нем мыслит, то есть имеет в своем осмыслении, охватывает самим собой, сам, будучи несовершенным, имеет мысль о самом совершенном. Утверждая, что абсолютная истина недостижима (то есть совершая логическое отрицание), мы тем самым утверждаем некую истину, радикально отличную по форме от всех истин, известных нам ранее.

Если мы признали наш разум несовершенным, то несовершенство это является следствием его конечности, то есть устремленности на вещи, а не на совершенную истину. Эта способность нашего познания, которая традиционно именуется Кузанцем рассудком, направлена как раз на исчисление конечных величин. Разум же – свойство иного порядка, ибо именно с его помощью обнаруживается совершенство истины – совершается обнаружение границ познания и видение сквозь эти границы. Разум становится тем, что выводит нас к бесконечности, а бесконечность – атрибутом истины, выражающим теперь не ее «неопределенность» и чистую «потенциальность», а превышение любых пределов, которые могут быть ей поставлены. Тем более беспредельна она для разума – ведь разум стремится к ней, но не достигает ее. Это

первое приближение разума к бесконечности, где бесконечность задает разуму определенное направление движения от самого себя к самому себе.

Что же еще можно сказать об искомой истине, интуитивно обнаруживая, но не постигая ее в том смысле, в каком рассудок постигает конечные вещи? Она есть полнота, то есть максимум (больше нее ничего нельзя знать, за ней нет никакого существования, у нее нет никаких пределов и степеней). Она есть единство (самой с собой), равенство (самой с собой) и связь единства и равенства. Она бесконечна, поскольку она противостоит человеческому разуму (моему разуму), которой не имеет ни одного из приведенных выше свойств. Кроме нее нет ничего – поэтому она есть и Космос и конкретная вещь и я сам, а потому она есть основа основ.

Итак, мы столкнулись с бесконечностью как формой противопоставления разума своего объекта (Космоса) самому себе – и наоборот. Это означает, что разум может раздвинуться до божественного понимания, не постигая при этом само божественное (истинное) и не делая его своим содержанием, но становясь сам причастным к нему. Бесконечное – не атрибут истины самой по себе, а ее свойство, возникающее при взаимодействии с моим познающим разумом.

Бесконечное становится всеобщим вместилищем и всеобщим источником для всех конечных вещей – как бесконечная прямая вмещает в себе бесконечное множество простых фигур (треугольник, окружность, сферу, квадрат, параболу).

И наоборот – каждая фигура становится символическим выражением бесконечности в его внутренней саморазличенности. Конечные вещи (величины) обретают два модуса бытия – в бесконечности и самих себе, причем в бесконечности нетождественные конкретные вещи становятся тождественными, несоизмеримые величины – соизмеримыми и взаимопереходящими.

Такое мысленное восхождение к бесконечному меняет как традиционные представления о бесконечности, так и ее интерпретации. Бесконечность, как мы видели, всего лишь свойство, выявленное в совершенном абсолюте при взаимодействии с ним конечного разума, подобно тому как дуга окружности обнаруживает касательную как прямую. Любая вещь (и мир в целом) из этого пункта будут выглядеть в таком случае бесконечной, а поскольку бесконечность здесь есть атрибут совершенства, то – совершенной. Сколько сторон у любой вещи?

Сколько цветов и оттенков? Сколько раз она может изменяться? Сколько возможно сущих вещей, подобных ей? Бесконечно. Но каждая вещь сама по себе есть единство всех своих определений здесь и сейчас, то есть совершенство само по себе – совершенство, выявленное в ее подчинении бесконечному.

Таков мир, взятый с точки зрения его всеохватности всех различных вещей. Вещи равны в таком мире в своей тождественности, ибо каждая из них – совершенна. Нет разли-

цы между совершенным чайником или совершенным велосипедом в пространстве бесконечности и в перспективе абсолютного максимума знания. В обычном мире, взятом со стороны множества и конечности, нет вещей тождественных, есть только различие вещей в степенях их совершенства. Но вещь, взятая сама по себе и по отношению к себе, а не относительно иной вещи, будет выступать как абсолютная и совершенная, хотя бы потому, что взятая таким образом вещь исключает сравнение с иной вещью или вопрос о конечной цели своего бытия. Она уничтожает внутри себя любые различия.

Бесконечная вещь есть нечто, на первый взгляд, непредставимое. С другой стороны, в качестве бесконечной вещи может быть представлено все, что угодно, включая меня самого. Но здесь как раз нас и ждет главная проблема. Если вы заметили, то в ходе наших рассуждений произошла подмена: бесконечное как абсолютное (истина как начало и итог всего познания) было заменено на бесконечное как бесчисленное множество (мир как совокупность вещей). С точки зрения Николая, такая инверсия вполне допустима, нужно только помнить, что первое относится к абсолютной (бесконечной) истине, а второе – к бесконечному миру (универсуму). Абсолютная полнота и абсолютная неполнота совпадают в своей бесконечности, раскрываемой разумом как абсолютной бесконечности.

Разум, как мы видим, стремительно перемещается с од-

ного уровня бытия на другой, мгновенно разворачиваясь от бесконечности бытия до бесконечности каждой конкретной вещи, взятой самой по себе. Но вещи, взятые сами по себе, – лишь подобия бесконечного совершенства и существуют только через это подобие. Взятые же относительно друг друга вещи обнаруживают свою несоизмеримость и чистое различие. Соединяются эти стороны в совпадении абсолютного максимума и абсолютного минимума, то есть вновь в бесконечности: бесконечность есть условие соизмеримости бесконечно различных уникальных вещей с бесконечно различными свойствами, а сами по себе вещи существуют уже не сами по себе (как уникальные качества), но как степени развертывания бесконечности в своих собственных саморазличиях (количественно).

В этом и заключается первое достижение Николая Кузанского, определившее специфику эволюции мысли на рубеже Нового времени. Если традиционное представление о Космосе и природе рассматривало его как развертывание единого в многообразии или как акт творения, то внутренняя логика рассуждений Кузанца давала возможность рассмотреть Космос как свертывание-развертывание бесконечности в бесконечное множество конкретных качеств, единых в общей системе количественного исчисления. Мир един, но его можно развернуть и как максимальное тождество (минимальное количественное различие, геометрическая точка, единица) и как минимальное тождество (макс-

симальное количественное различие, фигуры, многочлены). Вторым достижением Николая из Кузы стало применение для иллюстрации развертывания-свертывания бесконечного совершенства системы математических интуиций и доказательств. Что есть прямая? Взятая в своем самотождестве – линия, расстояние между двумя точками и т. д. Взятая же в своем бытии в мире геометрических тел прямая может быть обнаружена в некоторых точках как кривая (система окружностей и эллипсов), как дуга окружности (с бесконечным радиусом) и т. д. Прямая не есть окружность, но между ними есть совпадения, когда одно можно рассмотреть как переходящее в иное. Эти совпадения обнаруживаются в бесконечности и через нее – а раз они обнаруживаются, то возможны и соответствующие описания, например, окружности как прямой, замкнутой вокруг центра (и сохраняющиеся в каждой точке касательной) и т. д.

Математизация естествознания, начало которой обнаруживается в трактах Кузанца – величайшее достижение науки раннего Нового времени, без которого не состоялось бы внедрение ключевого научного метода, эксперимента. Так через теологию и мистическое постижение тварного мира мышление не просто обретает для себя бесконечность – оно учится работать с ней, оно, можно сказать, обретает ее и приручает ее, рассматривая самого себя как активного ее участника. Дальнейшее ее развитие, выходящее за пределы теологического символизма, осуществил Джордано Бруно. Кос-

мос в его учении предстает бесконечной одушевленной материей, в которой жизнь (одушевленность) присутствует в любом уголке, а звезды представляют собой далекие Солнца, то есть центры бесконечного количества бесконечных миров.布鲁новский Космос уже совсем не символичен, как символична была Вселенная Кузанского – он вполне онтологичен, осязаемо-осязаем, реально-действителен. Именно в этом Космосе живет человек, затерянный в бесконечности миров, – и именно от гражданства того Космоса не пожелал отказаться сам Бруно даже перед лицом трибунала Святой инквизиции.

Открытие бесконечности имело огромное значение для эволюции мышления на рубеже эпох. Замкнутый мир качественно определенных вещей сменялся бесконечным пространством, в котором любые качества превращались лишь в функции количества.

§ 4. Эксперимент и математика

Итак, мы обозначили две основополагающие точки революционного теоретического прорыва. Первая точка – это открытие бесконечного мира, его принятие и умение его мыслить в конечном и через конечное. Вторая точка – смещение геоцентризма с доминирующих позиций и открытие дискуссии по поводу наилучшего объяснения устройства Космоса.

За видимым триумфом коперниканства и его первоначальными успехами (гипотеза Коперника позволила, как было показано выше, лучше и проще, с точки зрения математики, объяснить ряд фактов, особенно связанных с так называемым «нижними» планетами Меркурием и Венерой) очень быстро пришло разочарование, ибо модель Коперника не только не упростила эпициклические птолемеевские схемы, но в ряде случаев, как показали дальнейшие ее разработки, их усложнила. Именно поэтому часть ученого сообщества уже в середине XVI столетия встречала гипотезу Коперника со скепсисом и без особого восторга.

Другие ученые, признав правоту исходного тезиса Коперника о том, что в районе воображаемого центра Космоса (условного центра орбит планет) обнаруживается Солнце, утверждали, что само Солнце все равно движется вокруг Земли, одновременно признавая тем самым правоту и Аристотеля – Птолемея, представляя вращающуюся вокруг

Солнца Землю центром орбит всех остальных планет. Это позволяло использовать все математические достижения Коперника и одновременно минимизировать противоречия в его модели. Описанную выше версию устройства Космоса выдвинул и отстаивал известный датский астроном и алхимик Тихо Браге. Будучи блестящим наблюдателем и организатором наблюдений, создатель Ураниборга, крупнейшего астрономического центра того времени, в ходе своих исследований пришел, в частности, к выводу, что кометы – не атмосферные явления (то есть явления подлунного мира, как считала аристотелевская традиция), а космические физические объекты, находящиеся за лунной орбитой. Дальнейшие наблюдения за кометами показали, что траектории их движения пересекают планетарные орбиты. Пришло время окончательного отказа от «хрустальных» сфер, внутри которых движутся планеты. Движение всех планет и комет, таким образом, Браге рассматривал как движение вокруг Солнца, тогда как само Солнце понималось также как движущееся – вокруг Земли. Дело в том, что однозначных фактов, свидетельствующих о движении Земли вокруг Солнца в то время еще не было известно, а Земля же никак свое движение не проявляла и ни в каких опытах его не обнаруживала. Такой компромисс мог устроить многих, и прежде всего инквизицию, ревностно охранявшую основные положения старой картины мира от критики.

Подобного рода интеллектуальные вариации еще не несли

в себе сами по себе никакой революционности, хотя, конечно, свидетельствовали об определенном «брожении умов» в среде интеллектуальной элиты. Однако во второй половине XVI в. на передний край науки выдвигается ученый, страстно заявивший о желании совершить революцию, создать новую науку и заложить основы для будущего теоретического рывка. Это был Галилео Галилей – итальянский ученый, видный мыслитель позднего Возрождения, объединивший в своем творчестве как достоинства, так и недостатки своей бурной эпохи. Галилей первый открыто объявил войну Аристотелю, Галилей первый целенаправленно потряс самые чувствительные места аристотелевско-птолемеевской картины мира, Галилей сознательно разрушил не только старую физику, но и метафизику, нанеся удар по основам традиционного мышления Средневековья.

Как отмечают многие биографы Галилея, последний, окончательно и бесповоротно разрушив старую модель физики, не создал никакой своей собственной законченной теории. Действительно, ученым, сумевшим сформулировать новую интегративную концепцию, которая большинство из известных на тот момент науке фактов и сводила их в логичное завершенное целое, стал впоследствии И. Ньютон. С другой стороны, там, где Галилей все-таки пытался дать положительные ответы на поставленные вопросы, у него часто возникали проблемы. Ряд выводов Галилея нельзя не признать ошибочными, с точки зрения последующих достиже-

ний естествознания. Так, например, Галилей пытался связать приливы с суточным вращением Земли, признавал круговое движение по инерции «естественным», не мог объяснить движение планет вокруг Солнца и т. д. Помимо прочего, Галилея часто подводила собственная абсолютная убежденность в правоте, мешающая слушать доводы здравого смысла, и яростная горячность, с которой он любой ценой бросался защищать свои позиции. Галилей часто пытается убедить читателя-собеседника чисто риторическими приемами, нежели докопаться до истины, недаром большинство его значимых произведений написаны в жанре диалога, воспроизводящего жаркую полемику автора с его противниками.

Тем не менее Галилей, опираясь на гелиоцентризм Коперника и бесконечность Вселенной Кузанца и Бруно, заложил в основание нового научного знания два краеугольных камня, радикально перепределивших его внутреннюю логику и внешний образ. Без них новая наука никак не могла бы стать той наукой, которую мы все знаем и основы которой изучали в школе. Первым таким камнем стало окончательное разрушение границ между надлунным и подлунным мирами. Вторым – создание и широкое применение экспериментального метода. И первый, и второй камень стали, условно говоря, главными инструментами продвижения галилеевской мысли в ее постижении законов природы. Один взаимопологает другой.

Главный удар по аристотелевской концепции «двух миров» был нанесен волей-неволей еще Коперником, поскольку в его модели «подлунность» становилась областью одной из планет, а не фундаментальным уровнем бытия Космоса. Тем не менее Коперник предпочел не акцентировать на этом внимание, поскольку вообще проблема «надлунности-подлунности» для целей его теоретической модели была, по большому счету, методологически безразлична. Для Галилея же это имело значение прямое, принципиальное, поскольку при сохранении границ между мирами эксперимент был бы невозможен. Продолжал бы действовать «антиэкспериментальный» аргумент Аристотеля: нельзя по процессам подлунного мира судить о происходящем в надлунном, нельзя по несовершенному движению (например, падению тел на Землю) судить о движении совершенном (о движении планет и сферы неподвижных звезд). И хотя логически Галилей мог вынести эту проблему за скобки, приняв, в конце концов, тезис о бесконечности Космоса (на этом бесконечном фоне, само собой, конечный подлунный мир просто исчезал в ходе совпадения минимума с максимумом), здесь ученый действовал в основном с опорой на факты, а не на логику.

Как известно, практическим открытием, обеспечившим Галилею успех его начинанию, стало изобретение им телескопа – усовершенствование так называемой «зрительной трубы» (хотя, по большому счету, ученый формально делит здесь первенство с Хансом Липперсгеем). Именно телескоп

позволил Галилею обнаружить фазы Венеры, доказывающие ее вращение вокруг Солнца, пятна на Солнце и горы на Луне, доказывающие неидеальную природу последних (ибо рельеф есть на неидеальной Земле, но не на идеально гладкой Луне). И Солнце и Луна принадлежали, по Аристотелю, к надлунному миру, наличие же пятен (к тому же еще и движущихся, что свидетельствовало о вращении Солнца) и рельефа не позволяло утверждать, что у них идеальная природа. Наконец, Галилей обнаружил спутники у одной из планет (у Юпитера), что еще раз опровергало аргумент как противников Коперника о том, что единственным центром вращения в Космосе является Земля, так, кстати, и частичных сторонников Коперника, вроде Тихо Браге, считавших таковыми Землю и Солнце.

Эти открытия, замечательные сами по себе, существенно обогащали знания об окружающем мире, но никакого переворота в науке еще не делали. Более того, некоторые ученые очень скептически отнеслись к показаниям телескопа, поскольку Галилей не мог дать гарантии того, что телескоп не искажает картинку, например, не удваивает изображение, не растягивает его или не меняет его цветовую гамму. Подобные эффекты можно часто наблюдать в системах, составленных из нескольких линз или зеркал, в том случае, если фокусы их подобраны неправильно. Другая проблема – искажает или не искажает телескоп размеров тел, в частности звезд? И если искажает, то насколько? Сам Галилей неоднократно де-

монстрировал работу телескопа, предлагая посмотреть всем желающим через него на дальние объекты или, как вариант, в чужое незашторенное окно. Любой, таким образом, мог убедиться, что относительные размеры тел передаются без искажений.

Эти опыты вызывали определенный интерес у публики в Падуе, Пизе, Венеции и особенно в Риме, куда Галилей приехал по специальному приглашению папы. Однако у ученых, современников Галилея, в запасе всегда оставался аргумент: здесь мир подлунный со своими законами, а там мир надлунный. В логике науки той эпохи на эмпирическом уровне возразить на это Галилею было нечем. Но дело в том, что для Галилея как мыслителя рассуждавшего в категориях совершенно новой интеллектуальной практики, здесь не было проблемы, поскольку опытное доказательство для него имело иной смысл, нежели для его коллег. Опыт для него стал экспериментом. Схема эксперимента состоит, на первый взгляд, в серии очень простых операций. Берется утверждение, как правило, в контексте физики Аристотеля – Птолемея (а), вводится предположение, как дело должно обстоять само по себе (б), проводится опыт или серия опытов (г) и делается вывод (д) о том, что правильно – (а) или (б). Однако против Аристотеля такая схема не может служить универсальным способом опровержения, поскольку аристотелевские представления неплохо согласуются с данными обыденного повседневного опыта. Поэтому Галилей вводит еще

один важный компонент, который не так просто обнаружить с первого взгляда. Попытаемся понять, в чем дело, на конкретных примерах.

Пример 1. По мнению Аристотеля, чем тело тяжелее, тем быстрее оно должно падать на Землю. Если речь идет о падении двух тел одинаковой формы в одной среде, то быстрее падать будет более тяжелое. Представим себе, говорит Галиле, легкое (1 единица) и тяжелое (5 единиц) тела, соединенные цепью, тяжестью которой можно пренебречь. Тяжелое тело, падая быстрее, увлекает за собой легкое, однако легкое тело, падая медленнее, будет замедлять падение тяжелого. Соединенные в систему тела будут в сумме иметь тяжесть в 6 единиц, однако падать эта система будет медленнее, чем падает само по себе тело тяжестью в 5 единиц, поскольку легкое тело в системе замедляет падение тяжелого тела. (Можно вообще представить себе любое сложное тело, состоящее из простых тел разной тяжести, и спросить, будут ли более тяжелые его части падать быстрее, а более легкие медленнее?) Таким образом, обнаруживается фундаментальное противоречие, позволяющее Галилею отбросить одно из существенных положений концепции Аристотеля и выдвинуть свой тезис о том, что скорость падающего тела никак не зависит от его массы. Конечно, вы скажете, что скорости тел в данном случае должны складываться, а не вычитаться, поскольку тяжелое тело увлекает легкое за собой, но это мнение как раз свидетельствует, что мыслим мы в категориях

Галилея, а не Аристотеля. Ведь для последнего тяжесть тела есть сущностное качество вещи, имеющей свое собственное место в Космосе и стремящейся к нему. Иначе говоря, в аристотелевской картине мира характеристики движения задаются в том числе и структурой неоднородного и неизотропного пространства, точки которого не выступают по отношению к телам в качестве нейтральных. Галилей же здесь вплотную подходит к мысли о том, что идеальное движение тел может быть и должно быть рассмотрено как движение в пустом однородном пространстве, то есть пустоте, которой, по Аристотелю, не существует.

Пример 2. Аристотель утверждает, что всякое тело стремится занять свое собственное место в мире, в котором его движение прекратится и наступит покой. Иначе говоря, тело стремится к покою, и как только действующая причина прекратит свое действие, покой неизбежно наступит. Так ли это? Представим себе, говорит Галилей, что тело, например шарик, катится по наклонной плоскости A относительно поверхности Земли. К плоскости A в ее нижней точке присоединена еще одна наклонная плоскость B , зеркальная по отношению к A , так что A и B имеют вид раскрытой книги. Если по плоскости A шарик скатывается вниз, то по плоскости B шарик поднимается вверх. Итак, внимание: шарик начинает движение по плоскости A с определенной высоты, достигает точки пересечения плоскостей, которая может быть принята как нулевая высота, двигается далее по плоскости

В. До каких пор должен двигаться шарик по плоскости В? Где та точка, в которой шарик остановится и начнет обратное движение? Галилей доказывает: шарик должен подняться на ту же высоту, что и высота начала движения на плоскости А, независимо от угла наклонов плоскостей относительно друг друга и земной поверхности. Чем ниже угол наклона плоскости В к земной поверхности, чем более В пологая, тем дальше должен проникнуть шарик по В. Следовательно, шарик, пущенный из одной и той же точки на плоскости А, будет проходить все большее расстояние по плоскости В с уменьшением ее наклона. Но что произойдет, если угол наклона В станет равен нулю, то есть плоскость В станет горизонтальной? Шарик, предполагает Галилей, будет двигаться, пока не достигнет высоты, с которой стартовал на плоскости А, то есть если не возникнет никаких препятствий... бесконечно.

Пример 3. Упростим приведенную выше ситуацию. Представим шар,двигающийся по наклонной к поверхности Земли плоскости из верхней точки в нижнюю. Для того чтобы шар начал движение, необходимо сообщить ему некоторый импульс (количество движения). Далее шар начнет равноускоренно двигаться к нижней точке. Теперь представим, что плоскость наклонена к поверхности Земли под другим углом (подобно плоскости В в предыдущем примере). Шар в таком случае будет двигаться замедленно до полной остановки в той или иной точке. И в первом и во втором случае еще возможно аристотелевское объяснение, согласно ко-

торому легкие тела стремятся вверх, тяжелые – вниз. Тяжелый шарик будет стремиться к «наилучшему» положению. Далее, предположим, что плоскость параллельна, горизонтальна поверхности Земли или совпадает с ней. Так что шарик будет двигаться не вверх или вниз, а горизонтально. Как будет в таком случае двигаться шар? Ответ Аристотеля: пока не остановится на «своем», «наилучшем» месте уже исключен или выведен за скобки структурой экспериментального вопроса. Потому ответ Галилея: бесконечно вперед, пока какое-либо вмешательство не остановит его или не изменит характеристик его движения.

Особенность приведенных выше экспериментов в том, что их невозможно в чистом виде реализовать практически с заданными результатами. Более того, если мы их реализуем, то результат будет близок к аристотелевскому. Возьмем первый эксперимент, который Галилей, по легенде, сам проводил на Пизанской башне, сбрасывая вниз тяжелые и легкие тела. Легко обнаружить, что в построении этого эксперимента больше логики и рассуждений, чем опыта. Кстати, сегодня при помощи так называемых «трубок Ньютона» можно наблюдать свободное падение тел в вакууме, когда дробишка и пушинка падают с высоты вниз одновременно. Уже в XX в. американский астронавт Д. Скотт на поверхности Луны наблюдал, как молоток и перышко, одновременно брошенные с одной высоты, падали также одновременно. Однако в условиях земной гравитации при отсутствии особо точ-

ных приборов, галилеев результат выглядит неубедительно: в воздушной среде в реальном опыте быстрее падает более тяжелое тело. Дело заключается в том, что Галилей не просто проводит опыт в качестве давно известного научного метода, он обосновывает необходимость опыта, включенного в эксперимент, причем эксперимент мысленный, а не чувственный. Отсюда первый парадокс Галилея: призывая получать знания непосредственно у природы, а не из схоластических книжек, ученый призван работать не с природой чувственной, как она есть, но с природой, уже схваченной разумом и им в той или иной степени осмысленной.

Еще раз внимательно посмотрим на эксперименты Галилея. Легко заметить, что каждый из них в какой-то момент времени включает процедуру идеализации, то есть от видимых глазу процессов разум каким-то таинственным образом должен перейти к процессам невидимым непосредственно, но с необходимостью очевидным нашему интеллектуальному взору. Так, мы можем наблюдать движение шарика по горизонтальной поверхности лишь какое-то время, пока шарик не достигнет ее границ. Но в момент, когда ее границы достигнуты, наше зрение должно особым образом переключиться с конечной плоскости на бесконечную. Так здесь начинает работать новый принцип новой эпохи – осмысление конечной реальности через бесконечное целое уже не на символическом (как у Кузанца), а на онтологическо-гносеологическом уровне (как у Бруно). Так Космос Аристотеля

начинает превращение в знакомую нам всем Вселенную.

В этом, отмечают многие исследователи, и заключается одна из тайн эксперимента Галилея – в перемещении конечных процессов, событий, объектов, данных нам тем или иным образом как конкретно-чувственные, в контекст бесконечности, который нельзя ощутить, но который можно раскрыть в мышлении. Галилей не столько опровергает Аристотеля реальным опытом, как он сам заявляет, сколько переносит анализируемые опыты в качественно иной контекст. Каждый опыт, таким образом, дополняется важной системообразующей деталью: опыт происходит не сам по себе, но в контексте целого, бесконечного мира, развернутого мыслящим разумом для самого себя и внутри самого себя. Наблюдать в опыте теперь нужно не сам по себе опыт как последовательность событий, не чувственно данное, не конкретно происходящее, но некие действия в бесконечности, рассмотренные как нечто абсолютно целое, завершённое и совершенное.

Любой конкретный опыт становится, таким образом, для разума незавершённым, а значит, ни о чем не говорящим. Из того, что я вижу, что, например, кусок свинца и кусок дерева упали с высоты на землю не одновременно, я не могу извлекать никаких следствий, ибо само по себе это вообще ничего не значит. Данное падение необходимо рассмотреть под особым углом интеллектуального зрения, а именно – в контексте падения тел в пустоте, в бесконечности,

при отсутствии сопротивления среды. Конечно, наблюдать такое невозможно. Возможно наблюдение в средах различной плотности, где со снижением сопротивления среды скорость тел, имеющих разную массу, становится все менее и менее различной. Это бесконечное уменьшение сопротивления среды, пропорциональное бесконечному уменьшению разности скоростей, можно проводить до бесконечности, как и любой чувственный опыт.

Для того чтобы сделать вывод абсолютный, завершённый и законченный, необходимо от бесконечного опыта как основы рассуждений перейти к бесконечному Космосу (Вселенной) как целому, определяющему в себе любой конкретный опыт. Такой переход Галилей совершает введением пустоты и одновременно-одномоментным уничтожением разности скоростей падающих тел. Особое свойство тела не открывается в эксперименте, оно вводится им как характеристика идеального «невозможного» объекта, существующего не в пространстве чувственного наблюдения, но бесконечно-го целого Космоса, открытого в своей бесконечной целостности разуму.

Такой исчисляемый разумом Космос должен иметь математическую структуру, а значит, точно описываться имеющими математическую форму и способы выражения законами. Именно это и позволило Галилею сказать ставшей уже хрестоматийной фразой: «Книга природы написана на языке математики». Речь, конечно, идет не о непосредственно дан-

ной в опыте природе (мы уже видели, что с этой природой разум фактически не имеет дела в своих экспериментах), а о природе, развернутой перед разумом в своей целостности и бесконечности. Пространство здесь становится геометрическим, то есть однородным и изотропным; объекты превращаются в идеальные фигуры и т. д. Это опять же становится возможным в системе целостного бесконечного Космоса, в котором исчезают и порождаются все различия, в котором все тела становятся соизмеримыми, в котором можно осуществлять превращение кривой в прямую и обратно. Такое становится возможным при перемене фокусировок нашего интеллекта, четко понимающего и осознающего свои задачи и цели и реализующего их через эксперимент.

На этом фоне теряет смысл старое, еще античное понимание невозможности применения математики для описания происходящих в реальном мире процессов, поскольку любая работа математики требовала точности измерений. Последними не могла похвастать ни античная, ни средневековая теоретическая мысль. Галилей настаивает, что математический аппарат можно и нужно использовать для формулировки законов природы, однако эти законы и не даны человеку в чувственно ограниченном мире несоизмеримых и неповторимых качественно определенных объектов. Тот мир, законы которого открывает Галилей, позволяет соизмерить и соотнести в бесконечности любые объекты. Введение эксперимента открыло путь к математизации естествознания. Сам

Галилей проделал огромную работу, чтобы доказать, что задача измерения тех или иных параметров процесса движения (например, времени) вполне технически решается, но техническое решение само по себе ничто без метафизического обоснования его необходимости.

Дальнейший успех такой математизации и всей научной программы в целом зависел еще от одного важного следствия работы Галилея. Дело в том, что Галилей радикально меняет фокусировку научного вопрошания: от «почему?» мы переходим к «как?», или иначе, от вопроса о причинах движения, как такового, совершается переход к вопросу о причинах изменения движения, то есть об ускорении. Скорость присуща телу самому по себе. Нет смысла спрашивать, почему тело движется, имеет смысл спрашивать, почему оно движется быстрее или медленнее. Различие же скоростей (разница ускорений) вызывается внешними причинами – средой или другими телами. Задачей науки становится математическое описание процесса движения, а не поиск его исходных причин. Важно не то, каковы причины движения, а то, почему это движение изменяется.

Правда, сам Галилей применяет математику в основном как иллюстративный материал для риторического усиления приводимых им доказательств. Здесь наблюдается та же тенденция, что и с другими открытиями Галилея: стремясь обосновать правоту своих исходных позиций, ученый больше заботится об основаниях и их логической безупречности,

чем о следствиях. Поясним примером. Галилей выдвинул тезис, блестяще им доказанный, что движущееся тело может совершать одновременно два типа простого движения, накладывающихся друг на друга. Снаряд, пущенный из ствола орудия, движется горизонтально, одновременно падая на Землю (к центру Земли). Сочетание этих движений в процессе взаимоналожения в реальном сложном движении даст параболическую траекторию движения снаряда, причем горизонтальное движение здесь рассматривается как равномерное.

Однако, распространив этот вывод на движение планетарного масштаба, Галилей пришел к ошибочному результату. Почему планеты двигаются вокруг Солнца? Почему Луна вращается вокруг Земли? Представим себе – как будет двигаться снаряд, если ему сообщить достаточную для облета Земли скорость? Галилей предполагает, что снаряд будет перемещаться строго вокруг Земли, по орбите, напоминающей орбиты современных искусственных спутников. С точки зрения Галилея, рассуждая в масштабах планетарной системы, горизонтальное движение можно рассматривать лишь как частный случай кругового, тем более что в бесконечности можно принять дугу окружности и касательную к ней (прямую) как совпадающие. Поскольку Галилей не мог объяснить иначе природу круговых орбит планет, он вынужден был вернуться к понятию «естественного кругового движения» и предположить, что инерциальное движе-

ние возможно и как прямолинейное (частный случай), и как круговое. Окончательно выбор в пользу прямолинейности инерции будет сделан и математически подтвержден Р. Декартом.

§ 5. Движение и покой

Уничтожение границ между надлунным и подлунным мирами, создание экспериментального метода как метода исследования природы через ее совершенный интеллектуальный образ в единстве аналитического и синтетического акта ее построения, привело к формулировке нового принципа – принципа относительности. Во многом формулировка этого принципа родилась во время полемики Галилея с противниками коперниканцев, приводившими ряд аргументов против вращения Земли. Во-первых, говорили они, если бы Земля вращалась, то тела бы падали с высоты не вертикально вниз, а со смещением. Во-вторых, человек, перемещаясь по земной поверхности, ощущал бы вращение. В-третьих, наблюдалось бы смещение планет относительно сферы бесконечных звезд. В ответ на это Галилей высказывает такое допущение. Предположим, мы находимся в трюме на корабле, равномерно (то есть не ускоряясь и не замедляясь) плывущего относительно берега по спокойной воде. В нашем трюме нет иллюминаторов, поэтому мы не можем видеть берега и каких-либо внешних объектов. Сможем ли мы в данной ситуации поставить какой-либо эксперимент, чтобы определить наличие или отсутствие движения? Возможен ли такой эксперимент? Иначе говоря, возможно ли, находясь внутри системы отсчета, будучи, как говорит Галилей, «захвачен-

ным равномерным движением», определить сам факт движения? Такая возможность есть, и связана она только с обнаружением объектов, не захваченных движением, то есть неподвижных относительно нашей системы отсчета. Но можем ли мы определить, что именно движется: мы относительно неподвижного берега или берег относительно неподвижного корабля? Изнутри системы все процессы будут происходить одинаково, вне зависимости от наличия или отсутствия движения.

То же самое, говорит Галилей, мы можем сказать и относительно Земли и ее вращения. Основываясь на опыте, мы можем утверждать, что Земля неподвижна, а вращаются вокруг нее небесные тела, а можем говорить и прямо противоположное, поскольку никакой опыт сам по себе не выступает для Галилея в данном случае доказательством, если он не принимает во внимание всю систему Космоса в целом, а в целом в Космосе нет привилегированных точек и выделенных каким-либо образом систем отсчета, как это было в ограничено-конечном Космосе Аристотеля.

Из серии галилеевских экспериментов следовал очень важный вывод: покой в галилеевском Космосе относителен, движение же абсолютно. Отсутствие привилегированных точек это и есть, по сути, отсутствие точек покоя, в которых тела бездвижны или к которым тела устремляются как к своим онтологическим «местам», чтобы стать бездвижными. Однако всякое движение должно фиксироваться относительно ка-

кого-то избранного тела, которое принимается как покоящееся. Вы понимаете, что оно именно принимается, а не является таковым, поскольку за точку отчета может быть принято и другое тело. Я могу перемещаться относительно неподвижного стола, стол может перемещаться относительно меня. И здесь Галилей делает еще одно важное замечание, определившее развитие науки вплоть до XX в.: выбор системы отчета на характер физических процессов, в ней происходящих, никак не влияет. Все системы отчета, при условии, что они принимаются как неподвижные или движущиеся прямолинейно и равномерно, то есть инерциальные, абсолютно равноправны по отношению друг к другу.

Это очень важное положение таит в себе вывод, обеспечивший современному естествознанию длительное время успешных открытий, – субъект, осуществляющий выбор системы отсчета, никак не изменяет исследуемые им физические процессы. Более того, совершенно безразлично, в какой точке Вселенной этот субъект находится. Так наука окончательно распрощалась с надлунными и подлунными мирами.

Защита коперниканского учения дорого обошлась Галилею. Церковь в лице ряда своих ученых представителей была явно не в восторге от пропаганды запрещенной теории из уст крупного известного ученого эпохи. В 1615 г. дело Галилея по доносу в первый раз разбиралось в инквизиционном трибунале. Дело окончилось «увещеванием» и обещанием Галилея никак не затрагивать в будущих своих произведения

спорных вопросов мироустройства. Более того, сам папа гарантировал Галилею полную безопасность, если тот сдержит свое слово. Однако Галилей, верный себе, не смог удержаться от дискуссий, нарушил свое собственное обещание и был в 1633 г. осужден трибуналом. Вынужденный отречься от основных положений защищаемого им учения, он избежал тюремного заключения и провел остаток жизни в своем поместье, общаясь только с самыми близкими людьми.

§ 6. Законы движения планет

Галилео Галилей создал основу для развития современного научного мышления, однако конкретные результаты его научной деятельности на этом фоне выглядят относительно слабо. Гораздо ярче на небосводе науки первой половины XVII в. горели звезды ученых, продолжателей и интеллектуальных соратников Галилея, – Иоганна Кеплера и Рене Декарта.

И. Кеплер был учеником знаменитого Тихо Браге. Вслед за своим учителем он перебрался в Прагу, где и совершил все свои знаменитые открытия. Отношения Кеплера с Галилеем складывались непросто, переходя временами в откровенную вражду, причем часто инициатором напряжения отношений выступал Галилей, обладавший уникальной способностью настраивать против себя даже своих единомышленников. Так Галилей в пух и прах разнес теорию морских приливов, предложенную Кеплером, найдя ее «мистической», поскольку Кеплер связывал приливы с гравитационным воздействием Луны. Воздействие спутника Земли на земные моря и океаны на расстоянии Галилей и принял за мистицизм, предложив в качестве альтернативы объяснение, связывающее приливы с вращением Земли.

Будучи последовательным пифагорейцем, И. Кеплер попытался создать оригинальную концепцию единого Космо-

са, в основе которого лежит гармония, выводимая при помощи сложных расчетов из музыкальных ритмов, присущих отдельным планетам. Установление законов мировой гармонии требовало устранения расхождений между математическими расчетами по системе Коперника, которой придерживался сам Кеплер, и астрономическими наблюдениями. Для пифагорейца Кеплера это требование было вполне справедливым – законы движения планет обязаны подчиняться гармонии числа и расчета, и наоборот. Именно на этом пути Кеплера ждало открытие, навсегда связанное с его именем и ставшее, наверное, главным шагом на пути к формулировке законов ньютоновской механики. Используя обширные данные о движении планет (прежде всего Марса), собранные Тихо Браге, Кеплер пришел к выводу, что орбиты их движения никак не могут представлять собой правильные окружности, хотя и очень близки к таковым. Точнее говоря, расстояние от орбиты планеты до ее центра не может сохраняться одним и тем же. Орбита, таким образом, имеет не один центр, а два, то есть представляет собой классический эллипс. Сама же планета то приближается к одному из центров, то удаляется от него. В одном из таких центров эллипса должно находиться Солнце (в случае с планетами) или планета (если описывается движение спутников).

Ученый сделал ряд теоретических и эмпирических выводов из своего открытия, обобщенных сегодня под общим названием законов Кеплера. Однако Кеплер не ставил себе за-

дачу объяснить причину такого движения планет. Эта задача будет решаться в рамках становления первой завершённой научной теории Нового времени и формирующейся на ее основании новой естественнонаучной картины мира.

§ 7. Мир, который построил Ньютон

Об Исааке Ньютоне написаны тома литературы, как чисто учебной, так и серьезно научной, как апологетической, так и критической. Однако за этими томами, статьями, исследованиями, комментариями часто совершенно исчезает ответ на вопрос о том, а что, собственно, великого сей персонаж совершил, какой конкретный вклад в развитие науки он внес. Очень часто констатация этого вклада приводит к выносу за скобки реальных достижений великих ньютоновских предшественников. Тем более затруднительным в такой ситуации становится решение проблемы недостатков и недочетов, объективно присущих абсолютно любой теории, но складывается впечатление, что в список этих теорий ньютоновская концепция не входит. Действительно, дальнейшая эволюция науки превратила последнюю в глазах многих ее адептов в некое подобие непогрешимости папы в вопросах веры у католиков, а обязательное включение основ данной концепции в школьную программу – в нечто, отдаленно напоминающее простую обыденную самоочевидность, исключаящую любые альтернативные подходы и решения: «снег белый, небо синее, тело падает под действием силы тяготения».

Вспомним, что уже было известно науке XVII в. перед пришествием великого Ньютона с величайшей работой «Ма-

тематические начала натуральной философии». Точнее говоря, установим, какими фактами наука уже могла к этому времени свободно оперировать в своих теоретических и гипотетических описаниях. Во-первых, был известен закон инерции, открытый и первоначально сформулированный Г. Галилеем и впоследствии дополненный Р. Декартом. Закон гласил, что тело, не встречающее никаких препятствий на своем пути, будет продолжать движение с одной и той же скоростью в том же направлении. У движения по инерции нет причин – причины есть у его изменения. Увеличение скорости или замедление тела, а также изменение направления движения будет результатом внешнего воздействия – самопроизвольно тело не может менять параметры движения. Для простоты можно предположить, что всякое движение тел связано с внешним воздействием, даже если в опыте это воздействие не наблюдается непосредственно. Всякое брошенное у поверхности Земли тело будет стремиться упасть на поверхность Земли или непосредственно перпендикулярно (сверху вниз), или по сложной траектории – параболе. Парабола, как показал один из теоретиков перспективы и перспективной геометрии Жерар Дезарг, может быть рассмотрена как эллипс, один из центров которого находится в бесконечном удалении от другого. Все тела падают на Землю с одинаковым ускорением. Далее известно, что все планеты движутся по эллиптическим орбитам со скоростями, обратно пропорциональными расстоянию от планет

до Солнца таким образом, что скорость планеты в перигелии (ближайшая к Солнцу точка орбиты) больше скорости планеты в афелии (наиболее удаленная от Солнца точка орбиты). Квадраты же периодов обращения планет вокруг Солнца (или спутников вокруг планет) прямо пропорциональны кубам больших полуосей их орбит: $T_1^2/T_2^2 = a_1^3 / a_2^3$. На основании последних обобщений некоторые ученые (Эдмунд Галлей, Роберт Гук) еще до публикации Ньютоном своих рукописей сделали предположение о связи взаимодействия небесных тел с квадратом расстояния между ними.

Обратим внимание на то, что последние закономерности, известные как законы Кеплера, имели на тот момент, как мы видим, форму простых эмпирических обобщений, а не привычных для нас научных законов. Формы законов не имели и положения Галилея, мало чем отличающиеся, по сути, от простых метафизических положений аристотелевской физики. Для того чтобы естествознание встало на твердую научную почву, а сам мир природы приобрел строгий научный вид, требовался совсем небольшой штрих – и этот штрих был сделан именно Ньютоном. Не будет преувеличением сказать, что ему принадлежит само открытие формы природного закона и ее первичное применение.

Сам Ньютон, по мнению многих пишущих о нем, был чрезвычайно самолюбив и очень болезненно относился к первенству не только в науке, но и в других областях. Широко известны его споры с Лейбницем по поводу дифференци-

альных исчислений или с Гуксом о форме закона всемирного тяготения и природе света. Однако в случае со знаменитым первым законом (законом Галилея – Ньютона, законом инерции) Ньютон, судя по всему, целиком и полностью признавал первенство за Галилеем. Но Галилей лишь полагал, что если на тело не оказывается никаких внешних воздействий, то тело будет двигаться равномерно и прямолинейно, либо же будет оставаться в покое, который сам по себе тоже есть частный случай движения. Ньютон же утверждает, что тело, движущееся по инерции, не имеет никаких причин (сил) для изменения движения. Нет действия силы – нет изменения движения. Прямолинейное равномерное движение, таким образом, есть элементарное простое движение, не зависящее от каких-либо причин и само по себе ничьей причиной не являющееся, то есть не связанное с внешними факторами.

Получение элементарной модели движения заложило основы для дальнейшего теоретического осмысления движения, как такового, ибо позволяло говорить о любых механических процессах как частных случаях первого закона Галилея – Ньютона. Все эти процессы связаны, в первую очередь, с воздействием некой силы, обобщенно говоря, некоторого внешнего действия (действий) некоторых внешних тел.

Тайна движения обнаруживается, таким образом, как некоторое (некоторые) нечто, порожденное воздействием иного тела на тело, движущееся прямолинейно-равномерно.

Вопрос, что именно порождает (изменяет) сила, имеет на первый взгляд очевидный ответ: конечно, скорость, поскольку под действием силы тело начинает двигаться быстрее или медленнее, то есть неравномерно.

В этой непосредственной очевидности мы видим ту же ошибку, что и в решении Аристотелем проблемы падения двух тел одинаковой массы: то, что ясно и отчетливо в чувственной интуиции, может оказаться ложным в ходе дальнейшего исследования. Во-первых, одна и та же сила может как ослаблять, так и усиливать скорость – как в примере с брошенным вверх камнем, летящим до определенного момента превращения скорости в нулевую и падающим после этого вниз с увеличением скорости. Во-вторых, скорость – величина относительная, зависящая от выбора системы отсчета (в данном случае мы предполагаем, что системы отсчета движутся относительно друг друга равномерно-прямолинейно или покоятся, то есть являются инерциальными). Нет никаких абсолютных скоростей или скоростей «вообще». Моя скорость относительно письменного стола равна нулю, относительно идущего по коридору – пять километров в час (считается на обыденном уровне, что сидящий за столом неподвижен, а двигается человек в коридоре, но описанный выше галилеевский принцип дополнительности предполагает все инерциальные системы равноправными), относительно же автомобиля за окном моя скорость может достигать значений в сто – сто пятьдесят километров в час. По-

этому удобнее связать изменение движение не со скоростью, а с ее изменением, которое во всех системах отсчета будет одинаковым по величине. Эту величину мы сегодня знаем как ускорение. Хорошо знаком нам и закон, устанавливающий связь между ускорением и воздействием на тело (условно обозначим его пока F), именуемый часто вторым началом механики и вторым законом Ньютона.

Но как же происходит этот выход из простого прямолинейного равномерного движения (читатель уже догадался, что такое движение мы можем рассматривать как общий случай движения или движения вообще) в движение ускоренное? Рассмотрим два наиболее общих случая. Первый случай – мы прикладываем к движущемуся телу некоторую силу, замедляя его движение или вовсе останавливая его, либо ускоряя. Мы замечаем, что, чем больше масса тела, тем более тело инертно, то есть больше усилий необходимо затратить на изменение его движения. Эта связь выражается следующим образом: $F = ma$. Второй случай: мы прилагаем усилие не вдоль направления движения тела, а под углом, сколь угодно большим. Шарик движется в этом случае по кривой (вектор скорости отклоняется «массой усилия») – таким образом, любое непрямолинейное движения может и должно считаться ускоренным. Мы еще раз убедились, что инерциальное движение само по себе не имеет причин, причины же всегда сопровождают только неравномерное и непрямолинейное движения. Обратим внимание на то, что простран-

ство никоим образом на движение (как и на его описание) не влияет. Тело движется в пространстве и проходит в нем определенный путь по той или иной траектории. Может ли пространство влиять на это движение (то есть иначе говоря, может ли пространство ускорять или замедлять тело и ускоряться само)? Нет, конечно – оно всегда остается местом движения (однородным, изотропным, пустым) и т. д. Оно никак не меняется, если я перемещаюсь прямолинейно, сворачиваю направо или останавливаюсь. То же следует отнести и ко времени – оно не изменяется при движении и течет одинаково для движущихся и неподвижных тел во всех системах отсчета. Обратим внимание, что, несмотря на соответствие вышеуказанных положений о пространстве и времени здравому смыслу, они никак не обосновываются и не доказываются И. Ньютоном, а потому и носят характер «метафизических» (то есть очевидных доопытных структур) и, как покажет дальнейшее развитие науки, очень спорных.

Наконец, третий ньютоновский закон, который ученый также не считал исключительно своим открытием, – закон, связывающий действие и противодействия. Всякое действие вызывает противодействие. Всякое усилие – противоусилие, направленное в противоположную сторону.

Все указанные выше законы участвуют в формулировке так называемого закона всемирного тяготения, связывающего такие величины как массы взаимодействующих объектов и расстояния между объектами: $F_T = GMm/R^2$ (F_T – сила тя-

готения, G – гравитационная постоянная, M и m – массы взаимодействующих тел, R – расстояние между этими телами). Одна из глубочайших идей И. Ньютона, породившая легенду о «падающем яблоке», – это идея о том, что в свободном падении все тела у поверхности Земли стремятся к ее центру, распространенная на Луну (а затем перенесенная на взаимодействие Солнца и планет), формулируется, как мы видели, предельно просто и ясно – как прост и ясен весь ньютоновский мир. Свободное падение Луны (или планеты на Солнце) компенсируется силами, заставляющими ее двигаться по эллипсоидной траектории. Последняя, в свою очередь, также может быть рассмотрена как сложение векторов сил, взаимодополняющих друг друга: «желающее» двигаться прямолинейно и равномерно тело захватывает центростремительная сила, ускоряя тело в направлении центра орбиты, и тут же возникает противоположная по направлению сила, центробежная, выталкивающая тело с орбиты. Движение тела, таким образом, становится всего лишь результатом комбинаций сил, действующих на тело в пространстве.

Здесь мы сталкиваемся еще с одной проблемой: как быстро Земля воздействует на яблоко и Луну, а Солнце – на любую планету? За какое время происходит взаимодействие указанных тел и сил? Иначе говоря: какова скорость рассматриваемого взаимодействия тел? Вновь обратим внимание на неэмпирический характер вопроса – из опыта мы не извлекаем ни сам вопрос, ни правила проверки возмож-

ных вариантов ответа на него. Решение этой задачи является выводом из законов, разобранных выше, прежде всего последнего закона тяготения. Опуская за неимением места и времени промежуточные положения и тезисы, сформулируем вывод И. Ньютона: взаимодействие во Вселенной передается мгновенно на любое расстояние. Этот принципиальный тезис, получивший название «принцип дальнего действия или просто «дальнее действие», имел очень спорный вид, что признавал даже Ньютон, однако он логично вытекал из всех предыдущих постулатов и столь же логичен им, в том числе и постулату о пустоте, то есть о чистом времени и чистом пространстве. Позднее, впрочем, эта спорность уйдет на задний план, а многие представители научного сообщества вообще будут отстаивать этот постулат как абсолютный и безусловный. Именно с возвращения понимания дальнего действия, его неоднозначности и противоречивости бесконечности начнется новый этап в истории развития науки.

Тем не менее, несмотря на все свои достоинства, учение Ньютона в том виде, в каком оно изложено выше, – как это ни показалось бы нам странным – не имело абсолютных преимуществ перед иными интеллектуальными практиками своего времени, и даже аристотелевско-птолемеевскими построениями. Да, оно опиралось на проверенные факты, да, имело серьезную доказательную силу, да и лучше иных интеллектуальных моделей описывало окружающий мир в рамках механического движения (заметим, что в тот момент, в

конце XVII в., мощную конкуренцию ньютонианцам составляли картезианцы, а по ряду направлений более успешными казались объяснения, например, Р. Гука или Х. Гюйгенса). Но это само по себе еще не давало права говорить о прорыве в науке, ибо Ньютон, например, использовал, как уже указано выше, такие спорные, неоднозначные, «странные» (точнее, «метафизические») объекты, как «абсолютное пространство», «абсолютное время», «дальнодействие» и, наконец, «сила»... С точки зрения современной науки, одно метафизическое описание, как правило, не многим лучше другого. Однако у Ньютона имелось одно важное дополнение – ему удалось облечь все свои положения в строгую математическую форму, изобретение которой он, правда, вынужден был разделить с Готфридом Лейбницем. Этот прорыв в современную науку осуществляет дифференциально-интегральное исчисление, представляющее собой начало современной высшей математики.

Открытие нового раздела математики было напрямую связано с описанным выше открытием бесконечности. Мы указали, что еще в XV в. художники-живописцы применили линейно-перспективный взгляд на мир как условие «правдоподобного» изображения. Здесь субъективный глаз человека, в том числе и зрителя, подменялся бесконечным глазом человечества, приватное размеченное пространство уступало место «пространству вообще», сконструированному по идеальным законам геометрии, уникальные вещи (ка-

чества) превращались в соизмеримые количества, сохраняющие, что важно, свои пропорции везде и всегда. Другим прорывом стало применение конструкций бесконечности в теологии и естествознании. К XVII в. ученые вплотную подошли к тому, чтобы практически использовать бесконечные величины (большие и малые) в своей повседневной практике.

Собственно, открытие нового раздела математики для И. Ньютона было не интеллектуальной игрой, а насущной необходимостью. Именно дифференциально-интегральное исчисление позволило связать воедино все величины, описывающие движение тела (скорость, расстояние, время, ускорение), именно оно позволило с легкостью переходить от прямолинейных траекторий к кривым (минимальный, стремящийся к нулю, но в ноль не переходящий, участок кривой может быть рассмотрен как прямая; точно так же кривая рассматривается как прямая с точки зрения бесконечного расстояния), от равномерного движения к ускоренному (скорость можно рассматривать постоянной в любой точке кривой как мгновенную скорость), рассчитывать скорость изменения скорости (как первую производную по скорости), наконец, переходить от наблюдаемых траекторий падений брошенных тел на Землю (прямые или параболы) к траектории движения спутника Земли (парабола с вынесенным в бесконечность вторым центром описывается как эллипс).

Мы видим, что достоинство и успех ньютоновской системы мироописания заключается не столько в открытии новых фактов или принципиально новых описаний связей между ними, сколько в изобретении и конструировании особого пространства описания, позволяющего объяснять в таком контексте практически все возможные данные любого потенциального опыта. Это позволило концепции Ньютона занять в итоге привилегированное положение в науке – обрести почти на два века так называемый парадигмальный (образцовый для всех новых теорий и гипотез) статус.

§ 8. Механицизм

Становление ньютоновской системы фактически завершило формирование научной картины мира Нового времени в общих чертах. Обратим внимание на ее самые существенные моменты.

Первое, о чем в Новое время заявила наука, что объяснить мир необходимо безо всяких фантазий и вымыслов о каких-то невидимых силах или скрытых основаниях, якобы растворенных в нем. Мир нужно познавать, в сверхъестественное нужно верить. Вера и разум вновь радикально разводятся и в ряде случаев противопоставляются друг другу. Мироздание можно объяснить одними только естественными (природными) причинами и решительно изгнать из картины мира все сверхъестественное и таинственное, считали представители классического естествознания. Наука Нового времени утвердила иной взгляд на мир, по которому он представляет собой не живой организм, а грандиозный механизм. Стройность, упорядоченность и гармония мироздания объясняются тем же, чем гармония и стройность любого механизма: четкой подгонкой всех его частей друг к другу, точными размерами, правильным расчетом, грамотным устройством и безупречной работой. Неодушевленный механизм способен быть таким же безупречным и гармоничным, как и одушевленный организм. Откуда же все это в меха-

низме? Очень просто: любой механизм состоит из каких-то тел, между которыми действуют неизменные силы, подчиняющиеся определенным законам. Эти тела, силы и неизменные законы делают механизм упорядоченным и гармоничным. Надо только открыть механические законы взаимодействия тел и все объяснить с помощью этих естественных законов, безо всяких вымыслов и фантазий. Данные законы должна открывать и исследовать специальная наука – механика, которая поэтому и стала одной из главных в классическом естествознании.

Когда объем научных знаний намного возрастает, тогда происходит и разветвление прежде единой науки на различные направления и разделы, каждый из которых занимается только какой-либо одной областью или сферой природы. И если в античности роль всех наук, как правило, выполняла философия, то в Новое время появились и физика, и химия, и биология и многие другие дисциплины. Вот почему мы говорим, что научное естествознание, как таковое, родилось именно в Новое время.

Представление, по которому мироздание – это грандиозный механизм, пришедшее на смену античному пантеизму, называется механицизмом. Вспомним, что древний пантеизм обуславливал бережное отношение его представителей к окружающей природе. Нельзя вредить живым существам, считали они, потому что у них, так же как и у человека, есть душа. В механицизме Нового времени всякие представле-

ния об одушевленности природы были безжалостно изгнаны. Любой объект окружающего мира, как и мир в целом, считали представители механицизма, является более или менее сложным механизмом, бездушной и неразумной машиной, и поэтому вовсе не обязательно относиться к природным объектам бережно. Наоборот, можно делать по отношению к ним, что угодно. Известный французский философ Рене Декарт считал, что душа есть только у человека, а все животные – это всего лишь механические роботы или автоматы, по отношению к которым мы вправе делать что хотим. А другой французский философ – Жюльен Офре Ламетри пошел дальше Декарта, утверждая, что души нет и у человека, что человек – тоже механизм, только очень сложный. Он даже написал книгу под названием «Человек-машина». Неудивительно поэтому, что именно в Новое время начинается активная наступательная деятельность человека по отношению к природе. Начинается ее завоевание, покорение, преобразование.

Итак, согласно механистическому объяснению мира, все многообразие природных явлений сводится к простому взаимодействию физических тел по механическим законам. Иначе говоря, все факты, события и явления окружающего нас мира представляют собой результат движений, столкновений, соединений, разъединений и т. п. частиц, из которых он состоит. И если мы знаем, как в настоящий момент расположены частицы и с какими скоростями они движутся, то

можем вполне, в соответствии с механистическими законами, сказать, что произойдет в следующее мгновение с каждой частицей: куда она полетит, с какой силой и под каким углом ударит соседнюю частицу, куда и с какой скоростью она от нее отлетит и т. д., и т. п. Но все это и образует события окружающего нас мира, лежит в их основе. Получается, что мир является предсказуемым, определенным, ясным, «прозрачным»; в нем все закономерно, и случайность не играет существенной роли, так как она – всего лишь не известная нам пока часть закономерности. Кроме того мир является безальтернативным, то есть в каждой точке, ситуации, моменте не существует «развилки» путей дальнейших событий: все должно произойти только так, а не иначе, пойти только по одному единственно возможному, предопределенному или «заданному» всем ходом предыдущих событий пути развития, в результате чего общая картина вещей подобна линии: все события последовательно выстраиваются в одну прямую, строго от одной определенной точки к другой. Представление о мире, согласно которому он предсказуем, определен и ясен, является безальтернативным и линейным, называется детерминизмом. Детерминизм – неизменный и неизбежный «спутник» механицизма. Классической формулой детерминизма считается знаменитое высказывание французского ученого XVIII в. Пьера Лапласа. Но перед тем как рассмотреть его, вспомним не менее известное высказывание древнего ученого Архимеда: «Дайте мне

точку опоры, и я подниму Землю». Так вот Лаплас, как бы вслед за Архимедом, говорит примерно следующее: «Дайте мне координаты, импульсы и направления движения всех частиц в мире, и я предскажу все события в нем на все будущие времена». Для человека нашего времени, избалованного достижениями и открытиями в науке, это, возможно, звучит банально. Но для ученого XVII–XIX вв. это звучало совершенно иначе: детерминизм, лежащий как в основании мира, так и любого его объяснения, любого его закона, позволяет говорить о «симметрии времени», то есть наука оказывается способна одновременно в своих расчетах созерцать прошлое, настоящее и будущее.

Отказавшись от древних представлений о пантеистической силе, растворенной в мире, наука Нового времени стала рассматривать его в качестве огромного механизма, а мировое совершенство объяснять неизменными законами, действующими во Вселенной. Однако при таком взгляде на мироздание естественно возникает вопрос – откуда взялись эти законы, почему они именно такие, а не другие, в силу чего они неизменны. И вообще – каким образом появился грандиозный механизм мира, что было его причиной? Не мог же он возникнуть из ничего. Ведь если он существует, значит, откуда-то он взялся, так как все, что существует, происходит из какой-либо предшествующей причины. Естествознание Нового времени могло либо не отвечать на вопрос о происхождении мира (сие не известно), либо отвечать, но очень

кратко, формально. Это объясняется тем, что указанный вопрос радикально отличается от классических научных проблем того времени – он выходит за рамки известных нам фактов или, шире, за рамки всякого возможного опыта, а следовательно, и знания, как такового.

В XVII–XVIII вв. таким распространенным формальным ответом был деизм. Это представление, по которому мир создан Богом, было вполне естественным для ученого той эпохи. Другой вопрос, что мы можем знать об этой сверхъестественной причине мироздания. Или же Бог открывается лишь в вере, присутствуя в знании лишь в виде некой идеи формальной первопричины. Согласно деистическому взгляду, после создания грандиозного мирового механизма и наделения его всеми необходимыми законами Бог самоустранился. Мир существует, с точки зрения деизма, сам по себе, он управляется своими естественными законами, без божественного вмешательства. Механические законы вечны, неизменны и всегда будут поддерживать мироздание в одном и том же состоянии. Мир, управляемый этими законами, самодостаточен, то есть для его существования никто и ничто не требуется. Это в Средние века считалось, что материальный, физический мир без ежесекундного контроля потустороннего или внешнего по отношению к нему Бога рассыплется в прах, превратится в хаос, поэтому Бог постоянно держит в своих руках несовершенное мироздание, не позволяя ему погибнуть. Но если мир – это совершенный и безупреч-

ный механизм, как считалось в Новое время, тогда его не надо контролировать и оберегать. Точно так же, как и часовой механизм, он работает сам по себе, точно и безупречно, безо всякого вмешательства «часовщика» – Бога. Этот механизм не может сломаться или испортиться, или дать хоть малейший какой-нибудь сбой, потому что он создан совершенным Богом, и поэтому – навеки совершенен.

В деизме Бог превращается в формальную исходную точку существования мира, после обозначения которой наука интересуется только естественным миром и его законами, а не причиной его появления. Понятие о Боге нужно деизму только для того чтобы один раз ответить на один единственный вопрос: «Откуда взялся мир?» «Создан Богом», – отвечает деизм и забывает о Боге, идея которого деизму, как видим, фактически не нужна, поскольку относится не к знанию, а к вере. Бог становится, как отмечал Тома с Гоббс, маркером границы нашего знания и нашей познавательной способности. «Если бы Бога не было, – говорил уже в XVIII в. просветитель Вольтер, – его бы следовало выдумать». Он есть, ибо есть мир, Им сотворенный. На этом знание о нем заканчивается, вера же в рамках классической науки знанию противопоставляется, а не дополняет его. Доказательством Его бытия становится существование тварного мира, но объяснить законы этого мира вполне можно и без Него.

Таким образом, деизм дает нам представление о Боге только со стороны науки, то есть знания. Можно утверждать,

что в деизме почти нет Бога, и поэтому данное воззрение очень близко к атеизму – представлению, по которому Бога вообще нигде и никак нет и никогда не было. Однако наука сама по себе не утверждает, что Бога нет, как не утверждает она и обратного. Наука лишь не признает допустимыми доказательства или объяснения, включающие в себя или предполагающие идею Божества как сверхъестественной причины. Еще раз – для науки Бог не является объектом исследований и объяснений; Бога наука спокойно оставляет вере, а не знанию.

История донесла до нас эпизод из беседы Наполеона с Пьером Лапласом. «Почему в своих сочинениях, – спросил его Наполеон, – Вы ни в одном месте не упоминаете о Боге?» «Я не нуждался в этой гипотезе», – ответил ученый. Слова Лапласа можно понимать так. Если для объяснения мира мне потребовалось бы представление о сверхъестественном и всемогущем существе, если я никак не смог бы объяснить мироздание без этого представления, тогда, конечно же, мне пришлось бы говорить о Боге. Но если я вполне могу объяснить мир и процессы, происходящие в нем, одними только естественными причинами, если я в состоянии постичь происходящее без ссылки на высшие и таинственные силы, якобы управляющие мирозданием, тогда представление о Боге мне совсем ни к чему. Приблизительно то же самое утверждал деизм, все дальше уводя человеческую мысль от бездоказательной веры, умозрительных утверждений, фантазий и

вымыслов, заставляя ее экспериментировать и доказывать.

Важное место в научной картине мира занимает вопрос о том, как он существует – неизменно или же меняется; полностью он неизменен или же только в отдельных частях и на разных уровнях. Вспомним, что в аристотелевской картине мира материальный мир бесконечно меняется. Это всеобщее изменение носит циклический характер: повторение одних и тех же этапов своего существования совершает и каждая отдельная вещь, и весь мир в целом. Неизменными здесь остаются лишь первоосновы мира так называемые «чистые формы», «формы форм», «идеи» и т. д.

Классическое естествознание Нового времени создало иной взгляд на мироздание, который во многом следует из уже известного нам механицизма, а во многом служит ему основанием. Вселенная здесь – грандиозный механизм, существующий по неизменным законам и созданный действительно понимаемым Богом. С одной стороны, совершенный Бог дает миру вечный совершенный закон, который нет смысла изменять, – совершенство во все времена характеризовалось и трактовалось как неизменность, ибо любое изменение в данном случае есть несовершенство. Механизм Вселенной, созданный Богом, совершенен с точки зрения науки Нового времени. С другой стороны, само понятие механизма предполагает нечто в основе своей неизменное. Организм, в отличие от механизма, может меняться, ведь он растет, развивается. А может ли самостоятельно меняться механизм?

Следовательно, мировой механизм является неизменным и существует всегда в одном и том же виде.

Мироздание стационарно, утверждали ученые Нового времени. Оно, конечно же, в каких-то деталях и частностях может немного меняться, но в основе своей оно всегда пребывает в одном и том же состоянии. А если оно неизменно, то возможно нарисовать полную и законченную научную картину мира, к которой нечего будет добавить и в которой нечего будет исправлять. Не меняется мир, не меняются и научные представления о нем. Надо только до конца открыть и исчерпать все механические законы, по которым устроена и существует Вселенная. А поскольку законов этих не так уж много, то получение окончательного знания о мире и обретение полной истины – не за горами, считали представители классического естествознания. Оно еще и потому называется классическим, что считало свои знания о мире исчерпывающими, а его научную картину – завершенной.

§ 9. О неполноте даже самой лучшей теории

И все-таки, несмотря на колоссальный успех, несмотря на огромную объяснительную силу, ньютоновская концепция не могла адекватно описать несколько явлений природы, хорошо известных человеку еще с самых древних времен. Обратите внимание – сам факт такой неполноты не являлся аргументом в пользу отказа от данной теории, как таковой. Наоборот, ученые делали неоднократные попытки доработать и дополнить ньютоновскую модель, вовсе не считая ее слабой, неистинной или неудачной. Что же это были за явления? Остановимся для краткости на трех самых известных и в какой-то степени фундаментальных.

Первое явление – явление магнетизма. Этот феномен был знаком многим ученым в разные эпохи и в разных частях света. На этом эффекте, как известно, основан компас, изобретенный в Китае, ставший известным в Европе с XII в. Уже Христофору Колумбу было известно, что степень отклонения магнитной стрелки зависит от географических координат. В сочетании с другими средствами измерения и наблюдения компас давал неплохие возможности для определения места в пространстве, например, корабля – именно этот момент среди прочих сделал возможными Великие географические открытия, поскольку риск потеряться в океане из-за

утери направления (по широте) снижался для мореплавателей многократно. Наконец, Уильям Гильберт в 1600 г. выдвинул предположение, что сама Земля по сути своей является гигантским магнитом с соответствующими магнитными полюсами. Он же установил наличие у магнитов полюсов и описал явление притяжения полюсов одноименных и взаимотталкивания разноименных. Однако вопрос, что же стоит за колебаниями магнитной стрелки или притяжением-отталкиванием полюсов, оставался для исследователей открытым на протяжении столетий, сводясь в различных вариациях к ссылкам на неких «сродственных» духов, которые заставляют металлы притягиваться к магниту. Дело в том, что уже сама природа магнетизма, с точки зрения исходных позиций теоретических моделей ньютоновской физики, выглядела парадоксально, и странной. Во-первых, сила, притягивающая металлические предметы, исходила как будто бы изнутри магнита, представляясь исследователям его внутренней природой, то есть качеством или аристотелевской формой. Изучение внутренней природы (внутренних качеств) наука, как мы помним, категорически пыталась самой себе запретить еще со времен Г. Галилея, поскольку это представляло собой суть старого, аристотелевско-схоластического знания. Во-вторых, магнит действовал на тела на расстоянии, через пространство. Такое действие присуще и ньютоновским силам, однако сам характер такого действия отличался от ньютоновского, ибо магнетизм воздействует не на

все тела, имеющие массу, а лишь на тела определенного типа, металлы. Значит, сам принцип воздействия отличен от известного нам закона тяготения, а определяющим фактором здесь выступают, в общем, не массы. Но если не массы, то что тогда?

Известно, что Ньютон исследованием магнитных явлений почти не занимался. Не занимался он и систематическим исследованием другой группы явлений, которая стала для науки настоящим «передним краем» (Р. Пенроуз) уже через столетие после его смерти. Речь идет об электричестве. Собственно, электрические явления известны также очень давно – с глубокой древности. Само слово электричество имеет греческое происхождение (от греч. *elektron* – янтарь, ибо именно частички янтаря стали первичным материалом для обнаружения эффектов электрической заряженности тел еще древними греками) и было введено все тем же У. Гильбертом. Явления притяжения и отталкивания электрически заряженных предметов не могли не пробудить идею о внутреннем сродстве электричества и магнетизма. Но от самой идеи до объяснения внутренней природы этого сродства – путь неблизкий. Дело осложнялось и тем, что электричество было весьма непростым и капризным объектом для экспериментального исследования, особенно если речь шла не о статических заряженных телах, а о более сложных природных процессах.

В рамках механистической картины мира природа элект-

тричества не могла быть описана и понята иначе как в контексте механического движения – движения тел в пространстве под действием сил. Наука эпохи раннего Нового времени прочно стояла на том, что мир един и законы в нем имеют одинаковую природу – принцип, восходящий к Галилею, разрушившему аристотелевско-схоластическую иерархию миров. Открытый в 1785 г. Шарлем Кулоном закон взаимодействия заряженных частиц, казалось, подтверждал всю плодотворность такого подхода, поскольку формулировка этого закона по своей форме была почти идентична закону всемирного тяготения: «Сила взаимодействия двух точечных зарядов... пропорциональна их величинам и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними». Здесь даже формульная запись говорит сама за себя. Закон Ньютона, как мы помним, выглядит так: $F_T = GMm/R^2$; Закон Кулона – так: $F = kq_1q_2/r_2$, где G и k – константные коэффициенты, M и m – массы взаимодействующих тел, q_1 и q_2 – заряды (по величине), а R и r – расстояния между взаимодействующими телами. Конечно, различие все же существует, и весьма существенное, – характер взаимодействия заряженных тел (притяжение или отталкивание) будет определяться знаками зарядов, то есть опять неким смутным аналогом «внутренних качеств». Если зарядов нет, то нет и взаимодействия (у Ньютона взаимодействие обеспечивала масса). Чем же эти «внутренние качества» определяются?

Уже в середине XVIII в. на фоне обобщения большого

количества чисто эмпирических данных: притяжение-отталкивание, взаимная передача зарядов, обнаружение проводников и диэлектриков, описание «течения» электричества сквозь тело человека (и демонстрация этого явления всем желающим, когда зрителям предлагалось взяться за руки, образовав цепь, а крайнему из них – взяться за оголенный электрод) и ткани мертвых животных – наука выдвинула в рамках механистической картины мира ряд остроумных гипотез. Самая известная и важная среди них – описание электричества по аналогии с некой жидкой субстанцией, флюидом, сделанное впервые Бенджамином Франклином на основе изучения природы молний. Природа молний гипотетически может быть объяснена стечением этой электрической жидкости от высшего потенциала (грозовой тучи) к низшему (земной поверхности). Это предположение легло и в основу знаменитого изобретения Франклина – молниеотвода (громоотвода), – которым мы пользуемся и сегодня и которое многими учеными своего времени (и тем более простыми обывателями) было принято с большим скепсисом и опаской. Это же открытие позволило, в случае отведения тела-проводника молниеотвода не в землю, а в лабораторию, получить источник электричества для дальнейших экспериментов, правда, источник ненадежный и смертельно опасный.

Гипотеза «электрической жидкости» (а затем и «магнитной») оказалась весьма удачной в рамках механической кар-

тины мира и позволила относительно неплохо интерпретировать в контексте этой картины явления, связанные с электричеством. Она позволяла объяснить разницу в знаках зарядов (жидкости похожи, но природа в них разная), помогла интерпретировать конкретные процессы, связанные с наблюдениями токов, а также успешно решить (трудами Алессандро Вольты) проблему ее искусственного синтеза в проводнике в безопасных для жизни и здоровья наблюдателя количествах путем открытия превращения химической энергии в электрическую. Более того, она прекрасно согласовывалась с чисто эмпирическим эффектом накопления электричества в первых аналогах электроконденсаторов (так называемые «лейденские банки»). Однако она имела существенный недостаток – ее было невозможно экспериментально подтвердить или опровергнуть. Впрочем, такое объяснение было лучше, чем ничего, хотя и в этом контексте сам факт взаимодействия заряженных тел все равно выступал как большая загадка.

Наконец, третьей группой явлений, чувствующей себя все менее уютно в контексте механистической картины мира, стали явления световые. Здесь наблюдается небольшой парадокс, ибо оптика всегда привлекала и живо интересовала И. Ньютона, а среди его трудов есть специально посвященные оптическим проблемам. И так получилось, что именно эта часть наследия ученого начала обнаруживать свою неполноту быстрее всех остальных изнутри самой механи-

стической картины мира. Впрочем, на фоне общей незыблемости авторитета механики, это до поры до времени было не очень заметно. В области оптики Ньютону также принадлежит ряд фундаментальных открытий. Так именно он дал точное описание разложение белого света в правильной трехгранной призме на семь составляющих (дисперсию). Это наблюдение привело Ньютона к фундаментальному выводу о том, что первичен не белый свет, а его составляющие, зависящие от показателя преломления, тогда как распространяющиеся на тот момент концепции света (например, Р. Декарта) исходили из прямо противоположного, утверждая первичность белого света и вторичность всех без исключения цветов. Однако, с одной стороны, Ньютон воздержался от формулировок окончательных выводов о происхождении и природе света, с другой – его механистической картине как нельзя лучше соответствовала модель, представляющая свет в виде движущихся мельчайших тел, корпускул (уменьш. от лат. *corpus* – тело). Ньютону с помощью своей теории преломления (при допущении, впрочем, и объяснений с помощью волновых моделей), действительно, удалось создать на тот момент наилучшее теоретическое описание оптических явлений, объединив все известные к этому времени открытия, – дисперсию и эффекты интерференции и дифракции на тонких пленках (подобно пленке масла на поверхности воды).

Тем не менее существовала и альтернативная гипотеза,

выдвинутая Христианом Гюйгенсом и Робертом Гуком, рассматривающая свет как упругое колебание плотной эфирной среды. С этой точки зрения воздействие света на наш глаз также является чисто механическим, как, впрочем, и в корпускулярной гипотезе И. Ньютона. И версия Ньютона, и версия Гюйгенса – Гука были одинаково механистическими, хотя и описывали оптические явления по-разному: как, по большому счету, движение частиц и как колебание упругой среды. На начало XVIII в. фаворитом, безусловно, был Ньютон, тогда как концепция его конкурентов обладала меньшей объяснительной силой: так Гюйгенс был даже вынужден поставить вопрос о самом наличии дифракции как реального физического эффекта, а не иллюзии восприятия.

Ситуация изменилась через столетие, когда явления интерференции и дифракции были всесторонне экспериментально исследованы и описаны Томасом Юнгом. Ему же принадлежит и введение данных терминов в научный оборот. Собственно, эти явления связаны с удивительными свойствами света: самоусиливаться и самоослабляться, а также огибать препятствия (некоторые современные авторы утверждают, что интерференция и дифракция суть явления одного порядка, причем второе выступает как частный случай первого). Вспомним опыт, хорошо знакомый из школьного курса физики. Возьмем источник света и направим его на белый экран. На пути света поместим плотный черный лист с прорезанными двумя параллельными вертикальными от-

верстиями. Свет, проходя через отверстия, будет попадать на экран. Какую картину мы увидим? Если свет – это поток корпускул, то на экране мы увидим две яркие полосы. Но в реальности мы увидим нечто совершенно иное: чередование более светлых и более темных полос. В чем же дело? Основа этого явления как порождения вторичных волн поверхностью, которой коснулась волна, была описана еще Х. Гюйгенсом, однако его описание не включало в себя явление дифракции, поскольку рассматривало свет исключительно как механическое колебание эфира (подобно колебанию желеобразного студня на противне под влиянием чисто механических сил). В XIX в. модель Гюйгенса дополнил Огюстен Жан Френель – и она примет известный нам сейчас вид. Дело в том, что если рассматривать световой поток не как поток частиц, а как волну, то, проходя через отверстия, эта волна породит две вторичные волны. Эти волны могут как совпасть в своих фазах, так и не совпасть. В первом случае мы получим усиление свечения, во втором – ослабление. Отсюда и чередование полос различной яркости. Наблюдаемая картина однозначно свидетельствует о волновой природе света, причем эта волна имеет не чисто механическую, а какую-то более сложную природу.

Казалось бы, ньютоновская корпускулярная модель (напомним еще раз: сам Ньютон не отрицал возможностей волнового описания природы света, но в рамках механистической картины мира корпускулярная модель, конечно, была

вне конкуренции) разрушена и должна быть отвергнута. Однако и механическо-волновая теория для описания всех известных явлений тоже не очень годилась. Многим ученым было ясно, что свет имеет природу, не описываемую в уравнениях теории гравитации... и многие продолжали строить свои описания на основании гравитационной модели. Это не удивительно, потому как в науке нельзя так просто отбрасывать теорию без альтернативы. Если же теорию и отправляют в утиль, что происходит очень нечасто, то неизбежно возникает вопрос: чем и как эту теорию заменить? Как мы помним, именно бесконечная уверенность в своей собственной новой гипотезе помогла Галилею отразить натиск сторонников старых моделей и концепций в науке. Но в начале девятнадцатого столетия такой уверенности в правоте какой-то из многочисленных новых гипотез не было, все они были примерно одинаково неудовлетворительны.

Все вышеперечисленное говорило в полный голос, что в начале XIX в. научное сообщество стояло перед серией открытий, не менее замечательных, чем в предшествующую эпоху.

§ 10. Рождение электромагнитной концепции

В конце XVIII – начале XIX вв. наука становится все более и более публичной. Простому народу нравится наблюдать за проводящими эксперименты учеными (и даже участвовать в этих забавных опытах, подобно описанному выше опыту с электрической цепью), ученым нравится быть в центре внимания и ощущать себя повелителями естественных законов. В один из дней 1820 г. такие публичные опыты показывал известный датский физик Ханс Кристиан Эрстед. Он был опытным ученым и квалифицированным экспериментатором. В его задачу, как он сам ее определял, входил поиск ключевых точек для объединения научных концепций из разных областей. Особое внимание в своей работе он обращал на явления, связанные с магнетизмом и электричеством, так как, по его мнению, в них эмпирическим путем обнаруживается и снимается замечательный парадокс: электрические опыты выступают как различные формы проявления одной и той же сути – единой природы. Возьмем, например, электричество. Что это такое? Источник электричества – вольтов столб – представляет собой переход энергии химических связей в электричество (электрический флюид). Далее мы видим движение электрического флюида по проводнику, вызывающее сопротивление проводника (действие

и противодействие в механике). Это движение приводит к нагреву проводника (переход энергии в тепло), который при определенном разогреве начинает отчетливо светиться, то есть испускать свет (оптика), а также деформируется или даже расплавляется (изменение агрегатных состояний). Помимо этого, электричество находится в явной внутренней связи с магнетизмом, установленной еще У. Гильбертом, но так пока и не раскрытой. Во время одного из публичных опытов (так совпало) рядом с проводником и вольтовым столбом на столе Эрстеда оказался компас, оставшийся от предыдущей серии демонстраций. И вдруг в момент, когда ученый подключил проводник к источнику тока, все находившиеся в аудитории заметили – стрелка компаса отклонилась от своего первоначального направления, то есть зафиксировала присутствие где-то поблизости сильного магнита. Эрстед быстро установил, что реагирует стрелка на проводник, включенный в цепь. Иначе говоря, компас обнаруживал в проводнике в цепи свойства, которые были абсолютно не присущи проводнику, отключенному от цепи и взятому, как тогда любил говорить, «самим по себе».

Случайный опыт стал для Эрстеда отправной точкой планирования и проведения серии экспериментов. Магнитная стрелка располагалась на разных расстояниях от проводника, брался проводник разной длины и сечения, были испробованы различные металлы, источники тока разных параметров, проводник и компас помещались в различные сре-

ды, между ними помещались экраны из непроводящих материалов. Все результаты ученый тщательно фиксировал и протоколировал. Наконец, конкретные эксперименты перешли в новое качество: Эрстед приступил к обобщениям. Он действовал крайне аккуратно и старался ни на шаг не отступать от фактов, руководствуясь ньютоновской мудростью о неизмышлении гипотез. Выводы, которые сделал Эрстед, возможно, именно поэтому кажутся несколько скромными, однако для своего времени они стали настоящим прорывом, о чем прямо заявил, например, Андре-Мари Ампер, едва ознакомившись с ними. Выводы Эрстед сделал следующие. Во-первых, любой проводник из любого металла, подключенный к источнику переменного тока, обнаруживал свойства магнита. Этот результат сбрасывал с магнетизма столетиями окружавший его покров таинственности и проклятье «внутренних качеств» или «скрытых сил». Оказалось, что магнетизм может быть порожден внешним воздействием — движением электрического тока. Во-вторых, никакое экранирование не мешало проводнику воздействовать на магнитную стрелку. Это сильно отличалось от других похожих явлений, в которых проводник мог быть изолирован непроводящим веществом, ограничивающим распространение тока. В-третьих, Эрстед пришел к выводу, что магнитное воздействие подобно «вихрю» и распространяется перпендикулярно проводнику, тогда как распространение электричества происходит, как известно, вдоль проводника.

Несмотря на то, что последнее было не очень понятно в рамках существующей картины мира (как именно сила, действующая вдоль проводника, может порождать силу, действующую (на стрелку) перпендикулярно проводнику?), открытие Эрстеда произвело сильное впечатление на современников. Его труд был переведен на все основные европейские языки. Уже в ближайшие годы ряд ученых, среди которых были П. Лаплас и А.-М. Ампер, предложил несколько вариантов для дальнейшего развития этой гипотезы, в частности, рассмотрев взаимодействие двух проводников, вплотную подойдя к проблеме связи электрических и магнитных явлений в контексте их взаимопорождения. Однако здесь Ампера ждала неудача: его блестящая гипотеза, предвосхищавшая гипотезу Майкла Фарадея, не прошла проверку экспериментом и, как позднее стало понятно, была изначально ошибочна. Ампер предположил, что магнитное поле, порожденное переменным током в проводнике, должно, в свою очередь, превращаться в электричество, то есть порождать ток во втором проводнике, внесенном в магнитное поле. Разумеется, результат был отрицательным, иначе, как тонко пошутил один из современных исследователей творчества великого французского ученого, А.-М. Ампер мог бы претендовать на открытие вечного двигателя.

С трудом Эрстеда в те же самые годы внимательно ознакомился и тот человек, которому предстояло сделать следующий серьезный экспериментальный шаг на пути исследо-

вания электромагнетизма – М. Фарадей.

Он относился к тому разряду ученых, которых условно относят к «эмпирикам», а не «теоретикам». Действительно, большая часть заслуг Фарадея – экспериментальные наблюдения, но наблюдения, удивительно точные, яркие и потому очень часто революционные. Не получивший систематического образования, талантливый самоучка Фарадей так и остался удачливым экспериментатором, сделавшим, правда, из эксперимента совершенство. Можно сказать, что на экспериментальном уровне проблема электромагнетизма была решена именно Фарадеем. Прочитав небольшую работу Эрстеда, он, как и многие его современники, включая А.-М. Ампера, сразу понял, куда нужно двигаться дальше, не совершив при этом типичных ошибок. Если, рассудил он, электрическая сила каким-то образом порождает магнитную, то и магнитная сила должна порождать электрическую (ведь действие равно противодействию, третий закон, так!). В своем научном дневнике он выразил вновь возникшую стратегию такими словами: «Превратить магнетизм в электричество».

Попытаемся воспроизвести основные шаги Фарадея в построении своего эксперимента. Известно, что если на лист бумаги насыпать тонким слоем металлические опилки и поднести снизу магнит, то опилки начнут выстраиваться в определенном порядке, образуя четкий рисунок линий – от положительного полюса магнита к отрицательному. Оставим во-

прос, насколько данная визуализация показывает реальные физические объекты (например, «векторы магнитных сил» и т. д.) – просто обозначим данные линии как силовые линии магнитного поля. Теперь представим себе, что лист бумаги с опилками по некой геометрической оси пересекает проводник, скрученный в спираль вокруг этой оси и подключенный к источнику тока. Мы увидим на листе ту же картину, что и с вышеприведенным магнитом – опилки расположатся вдоль «силовых линий» от положительного полюса к отрицательному.

Второй пример является лишь одной из возможных иллюстраций к открытию Эрстеда. Однако, поскольку картина из опилок складывается почти идентичная, то можно предположить, что при вхождении магнита в спиральный контур (распространение электрической силы, как мы помним, должно быть перпендикулярно относительно магнитной) внутри него будет возникать электрический ток, точнее – некая сила, вызывающая электрический ток. Если проводник подключить, например, к гальванометру, то прибор покажет наличие в проводнике искомого тока. Собственно, это и был первый эксперимент Фарадея – эксперимент, окончившийся полной неудачей, отсрочившей долгожданное открытие почти на десятилетие. Как и положено экспериментатору, Фарадей не сдавался – он использовал все более и более мощные магниты, усовершенствовал проводниковый контур, интуитивно создав, по сути, индукционную катушку.

ку. Однако ожидаемый результат не приходил. Наконец, Фарадей с удивлением обратил внимание на следующий факт – прибор показывал наличие тока в проводнике только в двух случаях: а) когда магнит входил внутрь контура; б) когда магнит вынимался из контура наружу. Фарадей сделал вывод: ток в проводнике возникает только в том случае, если магнит со своими силовыми линиями перемещается относительно проводника, то есть магнитное поле не постоянно, а переменное. Таким образом, условием электромагнитной индукции (так назвал Фарадей наблюдаемое им явление возникновения тока в проводнике под действием магнитных сил) является механическое движение.

Это, казалось, был еще один довод в пользу того, что все процессы, как думал еще Галилей, в природе тотально взаимосвязаны, а все законы имеют некую общую основу. Однако Фарадей не спешил делать столь далеко идущих теоретических выводов. Он ограничился эмпирическим обобщением: движущееся магнитное поле всегда порождает в проводнике переменный электрический ток. Приняв во внимание опыты Эрстеда, Фарадей имел полное право заявить: эксперименты свидетельствуют о единой природе электричества и магнетизма.

Чуть позже Фарадей также блестяще обоснует эмпирически, что природа электричества всегда одинакова вне зависимости от его происхождения (естественным путем (молния), в тканях животных, в результате электромагнитной индук-

ции и т. д.) Открыв электромагнитную индукцию, Фарадей пошел дальше, исследуя ее различные проявления. Для этого он усовершенствовал свой эксперимент, предложив в качестве новой модели металлическую рамку (контур), вращающуюся между полюсами сильного магнита так, чтобы плоскость рамки пересекала силовые линии под разными углами. Фактически ученый предложил схему электрогенератора, принципиально с тех пор не изменившуюся. Новые эксперименты дали огромный фактологический материал. Однако Фарадей, верный себе, не спешил с теоретическими обобщениями.

Эти обобщения были сделаны несколько позже Джеймс Клерком Максвеллом. Именно он дал теоретическую интерпретацию опытам Эрстеда и Фарадея. Один из вариантов записи законов Максвелла такой: 1) электрический заряд является источником электрической индукции; 2) не существует магнитных зарядов (поток магнитной индукции через замкнутую поверхность равен нулю), способных создавать магнитное поле; 3) изменение магнитной индукции порождает вихревое электрическое поле; 4) электрический ток и изменение электрической индукции порождают вихревое магнитное поле. Общий же смысл уравнений Максвелла как раз и заключается в установлении взаимопорождения электричества и магнетизма, или, как уже говорил Фарадей, взаимосуществования электрических и магнитных полей. Для такого рода обобщения Максвеллу, как в свое время и Нью-

тону, потребовалось создать идеальную модель тех опытов, которые наблюдались в лабораториях. И Максвелл рассуждал, руководствуясь примерно теми же алгоритмами, что и Ньютон. Ньютон, как мы помним, размышлял об идеальном движении на пространственно-временном интервале, бесконечно стремящемся к нулю, но в ноль не переходящим. Это дало ключ к созданию особого языка – дифференциальных уравнений. Максвелл идет тем же путем – он так же, как Ньютон, рассматривает идеальное движение, фарадеевскую рамку между магнитами.

Попытаемся мысленно создать идеальную рамку.

Фарадеевская рамка представляет собой замкнутый контур, созданный из проводника, расположенный так, чтобы его пересекали силовые линии магнита. Чтобы в контуре возник электрический ток, необходимо, чтобы изменилось число силовых линий, пересекающих контур (изменилось, как бы мы сказали сейчас, магнитное поле, воздействующее на контур). Сделать это очень просто – достаточно вращать контур вокруг оси. Таким образом, изменяемое магнитное поле всегда приводит к изменению электричества, а изменение электрической силы (уже по закону Эрстеда) в свою очередь вынуждает изменяться магнитное поле. Показатели электромагнитного поля будут зависеть от конкретных показателей: площади рамки, скорости и направления ее вращения, параметров магнита, металла, из которого рамка сделана, ее поперечного сечения и т. д. Такое описание потре-

будет введения очень многих переменных и, как следствие, будет очень сложным. Нельзя ли его упростить? Попробуем вынести мысленно за скобки все, что относится к конкретным рамкам в конкретных экспериментах. Это, конечно, сделать до конца нельзя, но мы можем представить себе ситуацию, в которой указанными параметрами рамки можно пренебречь как бесконечно малой величиной. Очевидно, если рамка будет представлять собой точку-узел из проволоки, размеры которой будут тождественными минимальному размеру пространства (как у Ньютона – стремящимися к нулю, но в ноль не переходящими), мы получим описание взаимодействия электрического и магнитного полей (или, говоря языком классической механики, сил) для любой точки пространства. То же самое мы получим, если идеализируем опыт Эрстеда, мысленно стягивая магнитное поле вокруг электрического тока.

Однако этот существенный идеализирующий шаг должен быть дополнен следующим – электромагнитное поле существует вне зависимости, возможно ли его обнаружение (у Эрстеда магнитное поле обнаруживается стрелкой компаса, у Фарадея – проводником), то есть теоретический закон должен описывать любые точки электромагнитных полей, а не только те, где электромагнитное поле может быть обнаружено. Собственно, только через указанный второй шаг идеализации мы и приходим во всей полноте к феномену, описываемому уравнениями Максвелла, – электромагнитному по-

лю (ЭМП), хотя само это понятие нам встречалось и раньше, например, у Фарадея. Любые изменения этого поля будут описываться волновыми функциями, то есть ЭМП имеет волновую природу. Это, впрочем, следует уже из того, что магнитное поле и электрическое поле выступают как переменные в отношении друг друга. Всякое изменение электрического поля создает магнитное, а магнитное поле создает электрическое, распространяясь в пространстве от точки к точке. Последнее утверждение позволяет вновь вернуться к вопросу: что именно обеспечивает взаимодействие магнита и металла, электрически заряженных частиц, что именно обуславливает притяжение и отталкивание? Ответ: таким своеобразным посредником выступает ЭМП, а сам характер процессов прекрасно описывается анализом силовых линий. Но это означает, что взаимодействие передается не через пустоту, а через материальный объект – ЭМП, которое, в свою очередь, может распространяться в пустоте. Это разом поставило под вопрос ряд популярных среди ученых той эпохи гипотез магнитного и электрического взаимодействия, в том числе Ампера, предполагающих такое взаимодействие через пустое пространство, подобное взаимодействию планет в механике Ньютона. Но этот же момент нанес косвенный, но серьезный удар по всей классической механистической картине мира, ибо ясно и однозначно отбросил принцип дальнего действия, предполагающий передачу взаимодействия мгновенно на бесконечные расстояния. В мире, где действуют

максвелловские законы, никакое взаимодействие не может совершаться мгновенно и в бесконечность. Поле может передавать взаимодействие только от одной точки до ближайшей к ней точки. Любое расстояние ЭМП может пройти только одним способом – пройти все точки, его составляющие.

Собственно подобный парадоксальный конечно-бесконечный характер пространства отмечали еще древние греки. Так философ Зенон из города Элеи, ученик Парменида, отмечал, что если мы хотим пройти четыре метра (например, от двери до окна), то нам нужно прежде всего пройти половину этого расстояния (2 метра), а чтобы пройти эту половину, нам нужно пройти половину половины (1 метр), а раньше – половину этой половины (0,5 метра), а до того половину вышеуказанной половины (0,25 метра), и так до бесконечности, поскольку таких точек бесконечно много. Если же число этих точек конечно (определенно, как сказали бы современные ученые), то мы сможем пройти расстояние от двери до окна, но не мгновенно, поскольку нам нужно время, чтобы пройти все точки, разделяющие дверь и окно. Поле не перемещается в пространстве механически, подобно нам с вами, – оно лишь передается как взаимодействие от точки к точке примерно так же, как мы передаем водителю деньги за проезд в общественном транспорте и получаем билет – от ближайшего к нам пассажира к следующему. Этот принцип будет назван впоследствии принципом близкодействия, или просто близкодействием.

Ко времени открытия Максвелла принцип дальнего действия во многих вопросах, особенно связанных с классической механикой, принимался бесспорно как нечто само собой разумеющееся. Поэтому теория Максвелла поначалу была встречена очень аккуратно, очень вежливо, но очень скептически. Дело осложнялось и тем, что Максвелл не очень заботился о редакции своих трудов или их специальной литературной обработке. Многим ученым, привыкшим к строгим логичным построениям того же А.-М. Ампера, многое в трудах Максвелла казалось мистическим, искусственным и несерьезным. Понадобятся эксперименты Герца, еще раз подтвердившие правоту максвелловских выводов, чтобы электромагнитная теория заняла в пантеоне естественнонаучных теорий подобающее ей место. Итак, утверждает Максвелл, ЭМП может распространяться в пространстве с очень большими скоростями, но не с бесконечной скоростью. Совершенные им расчеты показали, что максимально возможная скорость распространения ЭМП в вакууме должна составлять (округленно) 300 000 км/с. Это значение совпало с уже известным тогда значением скорости света, что и послужило поводом к утверждению, что свет имеет электромагнитную природу (то, что он имеет волновую природу, было очевидно уже после описных выше опытов Т. Юнга и О. Френеля). Таким образом, казалось бы, была решена еще одна фундаментальная задача естествознания. Однако эти решения при всей своей простоте и ясности

несли в себе некую парадоксальность, скрытую или явную (дальнодействие или близкодействие? поля или тела в пустоте?), парадоксальность, которая, как потом окажется, была предвестником новой научной революции. Тем не менее, сам Максвелл вовсе к революции не стремился. Его цель была более скромной – разрешить теоретически вопрос о природе электричества и магнетизма. Вышло же так, что именно с проблем, вызванных к жизни появлением электромагнитной концепции, начнется революция в физике XX в.

Поговорим о прочитанном

1. Дайте общую характеристику эпохи первой научной революции.
2. Подумайте, какие факторы в XV–XVI вв. усиливали влияние концепции Аристотеля – Птолемея, а какие ослабляли его.
3. Охарактеризуйте значение открытия линейной перспективы, бесконечности Вселенной и множественности миров для дальнейшего развития естествознания.
4. Какие аргументы использовал Н. Коперник в обоснование своей позиции? Почему часть научного сообщества той эпохи скептически отнеслась к концепции Коперника?
5. Назовите основные научные достижения Г. Галилея.
6. Что такое инерция? Какую роль играет инерция в революции в понимании движения?
7. Какое открытие совершил И. Кеплер? Почему это открытие предопределило появление механики И. Ньютона?
8. Назовите основные законы движения. Что такое сила? Какова ее роль в описании движения? Какова роль в этом объяснении принципа дальнего действия?
9. Назовите основные черты механистической картины мира.
10. Каким образом в процессе своего становления электромагнитная концепция обнаружила ограниченность нью-

тоновской механики и ее базовых принципов?

Тема 4. «Этюд в разноцветных тонах». Современная естественнонаучная картина мира

Часть 1. Теория относительности

§ 1. На плечах гигантов

Теория относительности (специальная теория относительности, СТО, 1905) и общая теория относительности (ОТО, 1916) наравне с квантовомеханической концепцией стали поворотным пунктом в научной революции начала XX в. Те глубокие мировоззренческие проблемы, которые вызвали к жизни последнюю, фактически породили, с небольшими оговорками и первую. Сложности первой аналогичны сложностям второй. Как некоторые положения квантовой механики чрезвычайно трудны для человека, привыкшего к повседневному восприятию мира, так и некоторые положения теории относительности могут пониматься как парадоксы или остроумная игра ума. Как представители квантовой механики были вынуждены постоянно поднимать вопрос о соответствии своих построений реальности (что есть микро-

частица на самом деле?), так и в рамках теории относительности постоянно вращается все та же проблема (искривление пространства-времени реально или нет?).

С другой стороны, теория относительности являет собой уникальный пример теории, принятой научным сообществом по историческим меркам не просто очень быстро, но почти стремительно. Если квантовой механике приходилось доказывать свою научную состоятельность десятилетиями (в том числе преодолевая внутренние разногласия), то эйнштейновская теория в целом была принята и признана научным сообществом уже в 1920-х гг.

С теорией относительности связано множество спекуляций тех, кого Ричард Фейнман тонко обозвал «философами за чашкой чая». Действительно, реальность, рисуемая в СТО и ОТО, далека от привычных для нас представлений. Объекты здесь сжимаются, пространство искривляется, время замедляется и т. д. Однако большинство подобного рода парадоксов – лишь aberrации, возникающие при перенесении эйнштейновских эффектов в мир, где они не встречаются и не наблюдаются, то есть в мир нашей обыденной повседневности. Что же касается науки, то она никогда не заботилась об удобствах нашего повседневного опыта, «здорового смысла» и наивного реализма слишком серьезно.

Наконец, существует очень распространенное мнение, что никакой заслуги, собственно, Альберта Эйнштейна в формулировке теории относительности нет – он лишь обоб-

шил результаты работы других крупных ученых. Преобразования в системах координат для движущихся тел были выведены Хендриком Лоренцем. Четырехмерная система пространства-времени описана Германом Минковским. Сам принцип относительности прочно математически подтвержден в начале XX в. Анри Пуанкаре. Более того, некоторые авторы прямо указывают на ошибки, сделанные Эйнштейном в расчетах и формулах, или на явные допущения без достаточных оснований. Оставим ошибки, ибо ошибаться свойственно даже гению. Мы уже имели возможность поговорить о заблуждениях, например, Галилея. Что же касается плагиата, то действительно, сам Эйнштейн открыто признавал, что очень многим обязан своим коллегам, в том числе и в плане конкретизации ряда положений теории относительности, высказанных лишь как постулаты, либо выведения из СТО необходимых теоретических следствий, вроде четырехмерного пространства-времени. Однако практически никто из указанных выше коллег и современников Эйнштейна никогда и ни под каким видом не обвинял последнего в некорректных заимствованиях. Да, безусловно, появление теории относительности было подготовлено всем ходом развития науки. Но решающий шаг здесь принадлежит именно Эйнштейну и заслуженно признается за ним научным сообществом.

§ 2. Проблемы и постулаты

Проблема, с которой столкнулись ученые, изначально выглядела так: инвариантны ли уравнения Максвелла в различных инерциальных системах? Дело в том, что в сложившейся к началу XX в. практике такая инвариантность не наблюдалась. Известно, что вокруг проводника с электрическим током возникает магнитное поле, а под действием магнитного поля возникает электрический ток в проводнике. Однако одно и то же явление описывается в электромагнитной теории по-разному, в зависимости от того, какая система выбирается как движущаяся. Эйнштейн описывает это так: «Если движется магнит, а проводник покоится, то вокруг магнита возникает электрическое поле, которое порождает ток в проводнике. Если же магнит покоится, а движется проводник, то никакого электрического поля вокруг магнита не возникает; зато в проводнике возникает электродвижущая сила, вызывающая точно такой же ток, как и в первом случае».

Летом 1905 г. Эйнштейн публикует небольшую работу «К электродинамике движущихся тел», формулируя свой исходный постулат следующим образом: «... Не только в механике, но и в электродинамике никакие свойства явлений не соответствуют понятию абсолютного покоя...» Все физические процессы описываются как происходящие в системах, движущихся относительно друг друга равномерно и прямо-

линейно (инерциальных), при этом все эти системы рассматриваются как равноправные. Поезд движется относительно перрона или перрон относительно поезда – все описания движения остаются одинаковыми. Ни одна система не является привилегированной и ни один наблюдатель в системе не может определить, движется он «на самом деле» или неподвижен. Этот постулат получил наименование «принципа относительности» и, как мы видели, в основе своей восходит еще к Галилею. К нему примыкает второй постулат, на первый взгляд несовместимый с только что сформулированным: «Свет в пустоте всегда распространяется с определенной скоростью, не зависящей от состояния движения излучающего тела». Оба постулата составили основу специальной теории относительности (СТО).

Если же говорить проще, то Эйнштейн вводит для естественнонаучного мышления два фундаментальных ограничения или даже запрета. Он запрещает постулировать любые абсолютные пространственно-временные системы отсчета и определять абсолютное положение наблюдателя в пространстве-времени. Второй запрет накладывает табу на все попытки представить скорость света больше или меньше константной. Если первый постулат решал в большей степени проблемы электромагнитной теории, то второй прямо затрагивал основы теории механического движения – всем хорошо знакомой теории Галилея – Ньютона.

Парадоксы и апории возникают при первых попытках

осмыслить механическое движение в контексте постоянства скорости света в вакууме. С одной стороны, уравнения Максвелла запрещают распространение электромагнитного сигнала со скоростью больше скорости света. Но почему этот формальный запрет так важен и имеет такое значение?

Дело в том, что есть и еще одно важное соображение относительно скорости света и ее величины. Если бы скорость света в вакууме изменяла бы свое значение больше константной или если бы во Вселенной существовали бы скорости больше световой, то разом нарушились бы фундаментальные научные принципы, в том числе и принцип причинности, а будущее получило бы возможность вернуться в настоящее в случае, если мы догоним пролетевший мимо нас несущий некую информацию световой сигнал. У ученых был выбор – отказаться от инвариантности скорости света или пожертвовать рядом куда более фундаментальных положений, лежащих в основании научного знания.

Для дальнейшего изложения нам понадобятся мысленные эксперименты в достаточно большом количестве. Представим себе локомотив (1), движущийся относительно полотна со скоростью V . К локомотиву прицеплен вагон, внутри которого находятся два наблюдателя: один в начале вагона, другой – в конце. Наблюдатели посылают в направлении друг друга световые сигналы с начальной скоростью c и измеряют скорости распространения данных сигналов. Предположим (хотя в реальности мы таких скоростей никогда не наблюда-

ли) для простоты расчетов, что скорость локомотива и вагона $V = 100\ 000$ км/с, но это значение наблюдателям пока не известно. Значение c нам известно из электромагнитной теории. Первый наблюдатель фиксирует скорость луча света, направленного в голову вагона из конца состава: $(c + V)$ или $400\ 000$ км/с. Второй наблюдатель измеряет скорость луча, направленного в конец вагона: $(c - V)$ или $200\ 000$ км/с.

Пока оставим тот факт, что скорость света относительно двух наблюдателей оказалась: а) разной; б) больше или меньше константного значения c . Предположим, что мы опираемся не на постулаты Эйнштейна, а на результаты эмпирической проверки конкретных измерений скорости света, которые на начало XX в. нельзя было считать абсолютно и строго достоверными, в том числе и из-за несовершенства измерительного оборудования. Обратим внимание на то, что зная значение c (в данном случае, как начальная скорость кванта света, фотона), сравнивая получившиеся конечные значения скоростей сигналов наблюдатели с легкостью могут высчитать скорость вагона. Возникает вопрос – скорость вагона относительно чего? По всему выходит, что наблюдатели получили скорость «вообще» или абсолютную скорость. Но если кто-то смог высчитать абсолютную скорость, то в таком случае возможен и абсолютный покой?

Эйнштейновские постулаты разрубают приведенный парадокс, словно меч Александра гордиев узел. Скорость света не может быть больше c ни при каких обстоятельствах! Не

может быть ни абсолютного движения, ни абсолютного покоя! Заставим мысль действовать строго в рамках этих постулатов – и вся парадоксальность разом исчезнет. Но здесь на первый план вышел еще один эксперимент, с которым нельзя было не считаться.

§ 3. Прощание с абсолютной средой

Эйнштейновские запреты в устах самого Эйнштейна выглядят как строгие принципы, не нуждающиеся в обосновании. Тем не менее и они имели под собой явную или неявную экспериментальную основу. Постоянство скорости света подтверждалось рядом опытов (конечно, повторимся, в рамках соответствующих измерительных приборов) и было одним из главных следствий электромагнитной теории. Отсутствие абсолютной среды было связано с неудачными попытками обнаружить эфирную среду. Проблема такой среды была заключена в самом положении о постоянстве скорости света. Всегда можно было задать вопрос – скорости света, измеренной (зафиксированной) относительно чего? Если принять, что, согласно Юнгу и Френелю, свет представляет собой колебательный процесс (волну), то скорость света в таком случае будет скоростью распространения колебаний относительно эфирной среды.

Эфир в разные эпохи трактовался весьма широко. Собственно, то, что эфир существует и заполняет собой все про-

странство Космоса, ученые предполагали давно. Напомним, что само понятие эфира восходит еще к познанию времен Платона и Аристотеля. Эфир в разные времена решал примерно одну и ту же важную задачу: он помогал ученым избавиться от понятия пустоты. Одновременно он помог ввести некую абсолютную систему отсчета для описаний движения во Вселенной и даже представить эту систему вполне реальной. Мы можем изобразить на белом листе бумаги тело, привязав его к системе отсчета. Мы можем представить себе другую систему отсчета, аналогичную первой, движущейся относительно первой. Мы можем сделать вывод, что тело перемещается и относительно первой и относительно второй систем отсчета, хотя и с различными скоростями. Мы можем представить еще некоторое множество систем отсчета. Но все эти системы будут перемещаться относительно неподвижного листа бумаги, на котором мы их изображаем. Для надежности можно мысленно прищипить лист кнопками к крышке стола.

Поскольку самим Аристотелем эфир понимался как «бестелесный» или «неощущаемый», то отсутствие связанных с эфиром физических эффектов в экспериментах легко оправдывалось, а сам эфир работал в качестве своеобразной невидимой палочки-выручалочки. Тем не менее развитие экспериментальной и теоретической базы позволило поставить вопрос об эфире и его сути практически. Если эфир существует, то он должен быть обнаружен в опыте – такая уста-

новка возникла в конце XIX в. Именно эту задачу попытался осуществить Альберт Майкельсон (будущий первый американский нобелевский лауреат по физике) совместно с Эдвардом Морли в 1887 г. Майкельсон имел богатый экспериментальный опыт в области измерений и был уверен в успехе. Залогом успеха был тщательно продуманный эксперимент – а по этой части Майкельсон, наверное, не уступал самому Фарадею.

Эксперимент этот был прост, как и все гениальное, и состоял в измерении скорости света для луча, пущенного во взаимоперпендикулярных направлениях. Представим себе луч света (2), выпущенный в некоторой системе отсчета из точки A в точку приема (зеркало) B , из которой свет вновь отражается в точку A . Расстояние от A до B примем за постоянное, равное L . Эта схема хороша тем, что не требует воображения, а лишь хороших знаний математики в пределах школьного курса. Время прохождения луча от A до B и обратно будет равно $2L/c$. Предположим далее, что система A - B перемещается вдоль L с некоторой скоростью V . Время прохождения луча теперь будет рассчитываться по более сложной схеме, складываясь из различных времен «туда» (A - B) и «обратно» (B - A). Опуская промежуточные расчеты, получим, что общее время в случае движения системы отличается от времени прохождения сигнала в неподвижной системе на величину $1/(1 - V^2/c^2)$. Таким образом, если система A - B перемещается, как показано выше, вдоль оси L , напри-

мер, вследствие вращения Земли, на поверхности которой она установлена, то время прохождения сигнала в системе будет иным, нежели для системы в покое – если, конечно, существует абсолютная система отсчета, относительно которой и происходит движение системы.

Проблема заключается в том, что измерить с достаточной точностью столь малую величину, которой является указанная разница во времени, весьма непросто. Леон Купер сравнил подобную операцию с взвешиванием ресницы путем взвешивания человеческого тела с ресницей и без нее и последующим сравнением результатов. Поэтому можно попытаться сравнить время прохождения сигнала в движущейся системе с другим временем для той же системы. Это время можно рассчитать для системы, движущейся не вдоль оси L (иначе – не вдоль оси распространения света), а перпендикулярно ей (3). Вновь проведя несложные расчеты, получим, что разница между временем прохождения сигнала в неподвижной системе (оно так и останется $2L/c$) и временем в системе движущейся составляет $1/\sqrt{1 - V^2/c^2}$. Сравнив полученные результаты, получим: $1/(1 - V^2/c^2) < 1/\sqrt{1 - V^2/c^2}$. Иначе говоря, свет проходит расстояние L медленнее, если система $A-B$ движется вдоль оси L , а не перпендикулярно ей.

На основании этого простого для понимания опыта Майкельсон сконструировал специальный прибор, получивший впоследствии название «интерферометр», позволявший при помощи специального полупрозрачного зеркала расщеплять

исходный поток света в точке A на два взаимоперпендикулярных луча. На расстоянии L эти лучи встречаются с зеркалами B и C , отражаются от них и вновь возвращаются в точку A . Как видим, интерферометр одновременно давал возможность наблюдать два описанных выше случая (2) и (3) и измерять время прохождения сигнала перпендикулярно направлению движения ($A-B$) и вдоль ($A-C$) – следовательно, в направлении вращения Земли, а измерив, сравнить. Здесь были не очень важны какие-либо точные значения сами по себе, главное было зафиксировать разность, вычисленную выше: вдоль направления движения интерферометра свет должен двигаться быстрее, чем перпендикулярно ему, а значит, оба сигнала не могли прийти в конечную точку одновременно, о чем должно было свидетельствовать явление интерференции в A .

Каков же был результат столь оригинального опыта? Результат был категоричен – никакой разницы во времени обнаружить не удалось. Это сильно обескуражило научное общество и, прежде всего, самого Майкельсона, убежденного в том, что в его опыте оказались неучтенными какие-то побочные привходящие факторы. Вопрос был: что это за факторы? Множество ученых взялось за их тщательный поиск.

Наиболее успешное на тот момент объяснение предложил физик и математик Лоренц. Сторонник того, что в основе строения вещества и любых тел лежат электромагнит-

ные связи между микрочастицами (что с точки зрения современных достижений науки абсолютно верно), он предположил, что при движении микрочастицы должны сжиматься в направлении движения тела, размеры между ними должны уменьшаться, а размеры тела, таким образом, укорачиваться. Если принять эту поправку, то получается, что ось L , перемещаясь со скоростью V продольно себе самой, должна уменьшаться в размерах пропорционально множителю $1/\sqrt{1 - V^2/c^2}$. Таким образом, свет в движущейся по оси L системе $A-B$ будет проходить расстояние не L , а меньшее, следовательно, время его прохождения уменьшится относительно расчетного.

Это объяснение, как казалось, было весьма близко к истине, однако математик А. Пуанкаре обратил внимание на общий методологический недостаток всех объяснений такого рода. Дело в том, что все подобные объяснения являются, по сути, объяснениями *ad hoc*. Ни один эксперимент не мог обнаружить присутствие эфира или измерить скорость относительно него (абсолютную скорость), однако ученые не оставляли попыток объяснить такого рода неудачи различными причинами. Пуанкаре выдвинул смелое предположение: природа, судя по всему, «прячет» эфир от нашего знания, как будто бы не давая нам ни единого шанса его обнаружить ни в каком из возможных опытов. Но если он никак не фиксируется в опыте, то, значит, он и не влияет ни на один опыт. И если он не обнаруживается ни в одном опыте, то не

проще ли предположить, что никакого эфира нет...

§ 4. Что такое одновременность?

Вернемся к примеру (1). Мы наблюдаем, как в направлении движения локомотива из прожектора вылетает квант света (фотон) с начальной скоростью, равной скорости света в вакууме – c . Вопрос: чему равна скорость фотона относительно полотна (внешнего наблюдателя)? Любой человек, знакомый с законом сложения и вычитания скоростей сразу даст ответ: $(c + V)$! Математически здесь все правильно – если мы изобразим описанные выше процессы схематически, то все наши операции сведутся к сложению векторов, что доступно любому школьнику. Однако с точки зрения физических процессов это представляет собой серьезную проблему, ибо здесь нарушается требование Максвелла о постоянстве скорости света.

Для исследования физических явлений необходимы не математические схемы, а эксперимент. Как ответить на вопрос, чему равна скорость света относительно полотна в случае, если свет выпущен из движущегося локомотива? Измерить ее. Для простоты предположим, что у всех наших наблюдателей нет никаких измерительных инструментов или эталонов для сравнения, кроме очень точных часов. Правда, непосредственно внешний наблюдатель фиксирует лишь время прохождения света относительно полотна (и себя са-

мого) от одной точки до другой. Поэтому сравним скорость кванта света, выпущенного с крыши локомотива, со скоростью света, выпущенного из неподвижного относительно полотна источника, путем сравнения времен, необходимых световым лучам для прохождения некоторого расстояния. Представим, что у края железнодорожного полотна установлен прожектор, светящий в том же самом направлении, что и прожектор на крыше локомотива. При прохождении локомотива мимо прожектора в момент включения фонаря на крыше локомотива стационарный прожектор также включается. Два луча, синхронно выпущенные из двух прожекторов, движутся в направлении, например, семафора, находящегося на заданном расстоянии, и достигают его... одновременно относительно неподвижного наблюдателя. Скорость двух потоков света, таким образом, будет одинаковой относительно внешнего наблюдателя. Представим двух бегунов, одновременно стартующих и одновременно приходящих к финишу. Мы сделаем вывод о том, что они бежали с одной и той же скоростью. То же и в нашем примере: скорость первого потока света одинакова со скоростью второго потока, а эффект сложения скоростей для случая с локомотивом в эксперименте не проявляется.

Когда речь идет о том, что оба луча достигли семафора одновременно, имеется в виду, что их прибытие зафиксировано в один и тот же момент на часах внешнего наблюдателя. Условно говоря, касание стрелки отметки «12» совпа-

ло с финишем первого и второго лучей. Здесь даже можно и без часов обойтись, ограничившись датчиком, фиксирующим приход кванта света звуковым сигналом, – совпадение звуковых сигналов и будет наглядным проявлением одновременности. Сложнее дело обстоит, когда используются часы не одного наблюдателя, а двух и более, или большое количество часов. Здесь возникает проблема синхронизации.

Вновь вернемся к примеру (1). Предположим, что в центре вагона расположен источник светового сигнала, дающего команду к открытию дверей. Как только сигнал будет дан, двери откроются одновременно и для наблюдателя в голове, и для наблюдателя в хвосте вагона (сигнал будет идти до дверей одинаковое расстояние с одинаковой скоростью). Теперь предположим, что за процессом открытия дверей наблюдает внешний наблюдатель на перроне. Для него задняя дверь откроется раньше, чем передняя, так как движущийся вагон, внутри которого распространяется сигнал, своим движением будет сокращать путь, который сигналу необходимо пройти: $t_1 = S_1/(c + V)$. Сигналу, направленному к передней двери, придется пройти большее расстояние, нагоняя дверь уходящую: $t_2 = S_2/(c - V)$. Таким образом, одно и то же событие представится как одновременное и неодновременное для разных наблюдателей. Где-то допущена ошибка. Но где?

Таким образом, каждое событие фиксируется тем или иным наблюдателем в той или иной системе отчета. Если наблюдатели неподвижны, а их часы тем или иным образом

синхронизированы, то наблюдатели смогут фиксировать события как одновременные. Все меняется, если наблюдатели движутся относительно друг друга (как в приведенном выше примере). В этом случае никакие события для разных систем разных наблюдателей нельзя считать одновременными, поскольку время прохождения сигналов до разных наблюдателей в разных движущихся относительно друг друга системах становится частью структуры события и его неизменным атрибутом.

Сам Эйнштейн дает такое пояснение. Предположим, мы имеем в точке A часы, показания которых легко считываются нами. Предположим также, что в некоторой точке B также имеются часы, которые также хорошо доступны наблюдателю в точке B . События, происходящие в A и B , прекрасно фиксируются наблюдателями по своим часам. Но как они могут зафиксировать одновременность этих событий? Только если они пустят сигналы друг другу и измерят время их прохождения (от A к B , от B к A). Равенство временных интервалов будет означать синхронизацию часов и одновременность событий, поскольку скорость световых сигналов уже постулирована как одинаковая во всех случаях. Но! Данное определение одновременности справедливо не для всякого наблюдателя, а только для наблюдателя, покоящегося относительно A и B . Ранее же считалось, что если A и B покоятся относительно абсолютной среды, то одновременность будет соблюдаться для всех наблюдателей. Теперь

после поправок Эйнштейна ситуация изменилась. Покоится ли наблюдатель относительно некой абсолютной системы координат? Покоятся ли относительно нее A и B ? Это уже не имеет никакого значения, если мы отказались от понятия абсолютного времени. Точно так же события, одновременные для наблюдателя в системе $A-B$, не будут одновременными в другой системе отсчета. Это важная составная часть принципа относительности – относительность времени.

§ 5. Измерение времени – измерение пространства

Напомним, что все наши примеры и герои живут в мире, в котором мы можем измерять время очень точными часами, а расстояния – временем прохождения светового сигнала.

Теперь представим себе двух наблюдателей (4), находящихся в двух системах, одна из которых (B) находится в движении со скоростью V , а другая (A) рассматривается как покоящаяся относительно нее. Далее, представим себе, что наблюдателю B необходимо синхронизировать свои часы с другими часами в своей же системе отсчета. Самый простой способ сделать это – встать посередине между часами, направить к часам сигналы и измерить время прохождения сигналов до первых и вторых часов. При равенстве времен наблюдатель B сможет сделать вывод о том, что ход часов согласован (поскольку он находится в инерциальной системе отсче-

та, он может рассматривать ее как неподвижную). Но согласован ли ход этих часов для наблюдателя в системе A ? Предположим, что часы и наблюдатель B между ними располагаются на оси движения системы B . Что же увидит A ? A увидит, что в момент прохождения сигналов одни часы удалятся вперед от источника сигнала (вслед за системой B), следовательно, путь сигнала удлинился; другие часы наоборот, двинутся к источнику сигнала, следовательно, путь сигнала сократится (примерно так же как и в примере с открытием дверей вагона по световому сигналу), хотя наблюдатель B по-прежнему фиксирует одновременность прохождения сигналов. С точки зрения наблюдателя A , часы не синхронны. Хорошо было бы сверить все часы с некими мировыми абсолютными часами – да где же их взять? Следовательно, события, рассмотренные в B как одновременные, в A уже не будут зафиксированы как таковые.

Представим себе далее (5), что вышеописанные в (3) наблюдатели измеряют каждый в своей системе стержни с одинаковой длиной L . Наблюдатель A берет свой стержень и измеряет время прохождения светового сигнала до начала стержня и обратно. В системе A стержень $L(A)$ неподвижен, поэтому A полученное время делит пополам и вычисляет, таким образом, длину L : $L = cT/2$. Множитель $1/2$ здесь и будет указателем на синхронизацию, то есть равенство времени прохождения сигнала от начала до конца и обратно. Длину L наблюдатель A теперь может отметить на линейке. То же

самое делает и B в своей системе отсчета со своим стержнем $L(B)$ (поскольку стержень движется вместе с системой B и наблюдателем, то относительно системы B он покоится), также получив ту же длину L . Если наблюдатели получают возможность сравнить свои результаты, то последние будут равны. Здесь длина движения и длина покоя окажутся равными в силу того, что стержни измерялись относительно своих систем, внутри которых они рассматриваются как покоящиеся.

Теперь, предположим, A измеряет длину стержня $L(B)$, движущегося относительно системы A вместе с системой B со скоростью V (или наоборот: B измеряет стержень $L(A)$ относительно своей системы). Что же, алгоритм ему, в целом, знаком. Он, вооружившись синхронизированными часами, вновь проводит измерения времени, учитывая скорость движения системы B , в которой покоится измеряемый стержень. Получившийся результат: $L(B) = (c - V) t/2$. Наблюдателя A в этом результате смущают лишь два момента: а) скорость сигнала $(c - V)$ меньше скорости c , что противоречит одному из исходных постулатов; б) длина $L(B)$ меньше $L(A)$, причем, если вычислить разницу между ними, перед нами вновь оказывается вездесущий множитель $1/\sqrt{1 - V^2/c^2}$. Как ни странно, оба момента друг друга взаимодополняют, ибо если c неизменна при любых обстоятельствах, то любые изменения в результатах измерений следует отнести либо за счет изменения времени, либо за счет изменения длины, либо — и того, и другого.

Наблюдатель теперь A идет другим путем. Поскольку у него есть линейка с отмеченным масштабом L , он решает соотнести данный масштаб с $L(B)$. Он устанавливает, в каких точках системы A одновременно находятся начало и конец стержня $L(B)$ в определенный момент времени, берет все ту же линейку и измеряет расстояние между точками. Результат все тот же: $L(A) = L \neq L(B)$. (Поправка на скорость системы B здесь, как мы видели, ничего не объясняет.) В чем же причина? Причина в том, что одновременные события в системе B (присутствие конца и начала стержня $L(B)$ в определенных точках) уже не будут таковыми для движущейся относительно нее системы A – как в случае с наблюдателями в вагоне и вне вагона, для которых открытие дверей будет одновременным и неодновременным.

Одинаковы ли длины $L(A)$ и $L(B)$? Здравый смысл говорит нам, что да, поскольку мы сами ввели это неявное допущение. Более того, наблюдатели A и B могут обмениваться результатами и выяснить, что стержни в системах равны L . Однако столь замечательный и простой результат наблюдателю принять не представляется возможным, поскольку измерить стержни можно только в тех или иных системах отсчета, а не в абсолютных значениях. Наблюдателю A ничего не остается, как сделать вывод: $L(A) > L(B)$.

§ 6. Замедление времени и сокращение длины

Наблюдатели могут лишь сообщить друг другу о результате, но не могут его перепроверить, осуществляя измерения изнутри своих систем. Заметим, что изначальное провозглашение длин стержней равными L в рамках примера (5) было неявным введением именно абсолютной системы отсчета, на которое теперь мы можем смело указать и вынести его за скобки. Такие неявные допущения мы вводим в тех или иных контекстах постоянно, не всегда, правда, замечая. Иногда это проходит безболезненно и незаметно, иногда этим вообще можно пренебречь – но, так или иначе, об этих допущениях помнить необходимо. К сожалению, часто такие допущения приводят нас к заблуждениям именно в силу своей «неявности».

Дело в том, что здесь возникает знаменитая философская проблема «третьего наблюдателя», условно владеющего истиной и устанавливающего, что «на самом деле» длина стержня остается одинаковой и для A , и для B , поскольку и наблюдатели и сигналы движутся относительно единой системы отсчета, связанной с «третьим наблюдателем». Таким третьим наблюдателем может выступать кто угодно, в том числе и мы как авторы всех вышеприведенных примеров, но для того, чтобы этот наблюдатель мог разрешить все сомне-

ния, он должен быть привязан только к абсолютной системе отсчета. Наличие такой системы снимает начисто любые проблемы – в этом случае мы всегда можем рассматривать одновременность относительно данной системы, примерно так же как события изображенные на одном листе или холсте. Если изобразить процесс (5) на чертеже, то стержни будут изображены, в соответствии с начальными условиями, равными друг другу L .

Однако выше было показано, что никакие явления не дают нам права вводить систему отсчета абсолютного типа – этот запрет мы не вправе нарушать ни при каких обстоятельствах, хотя помнить о нем легче, чем исполнить на практике.

Продолжим рассмотрение нашего примера (5). Наблюдатель A , отчаявшийся, но не потерявший веру в то, что стержни $L(A)$ и $L(B)$ должны быть равны по результатам измерений, изобретает новый способ. Он предлагает измерить $L(B)$ самому B и обменяться результатами. Предположим, наблюдателям A и B удастся синхронизировать часы в условной точке 0 (для большей простоты мы можем предположить, что это точка совпадения начал отсчета A и B , зафиксированное наблюдателями). Наблюдатель A знает, что $L(A) = cT/2$. Следовательно, при равенстве временных интервалов получится равенство расстояний. Итак, наблюдатели решают следить за часами друг друга. Результат немного предсказуем: часы наблюдателя A , по мнению наблюдателя B , идут слишком быстро, следовательно, A просигналит слишком рано;

с точки же зрения наблюдателя A , часы наблюдателя B идут медленно, следовательно, B просигналит слишком поздно. Тот же результат будет в том случае, если наблюдатель A самостоятельно будет фиксировать время в системе B на часах внутри этой системы: часы в системе B будут идти медленнее, чем часы наблюдателя A .

Причина такого замедления очевидна: если мы представим себе часы не в виде сложного механического или электронного агрегата, а в виде светового луча, путешествующего вертикально между двумя зеркалами (напомним, мы договорились не вооружать наших наблюдателей сложными измерительными приборами), расстояние между которыми примем за условное λ . Часы чисто численно фиксируют, сколько раз свет проделал путь между зеркалами. Этими часами мы вооружаем наших наблюдателей. В своих системах наблюдатели фиксируют, что их часы идут синхронно, ибо свет будет проходить в процессе колебаний туда – обратно одно и то же расстояние 2λ за условный период времени T . Все меняется, если наблюдатель A захочет своими часами измерить время в системе B . Здесь воспроизводится случай, описанный нами в опыте (2). Свет в часах B за условный период туда – обратно (обозначим его t) относительно наблюдателя A будет проходить не расстояние 2λ , но расстояние равное $2\sqrt{((\lambda t)/2)^2 + \lambda^2}$. Соотношение расстояний таково: $\lambda < \sqrt{((\lambda t)/2)^2 + \lambda^2}$. При постоянной скорости света на прохождение меньшего пути требуется меньшее время, а для про-

хождения большего – большее. Следовательно, для наблюдателя A его собственное время будет меньше наблюдаемого им времени наблюдателя B , поскольку луч света в его часах пройдет меньшее суммарное расстояние (наблюдатель B , напомним, по-прежнему ничего не заметит, пока не выйдет из вагона и не сравнит свои часы с часами A). Разница во времени в неподвижной и движущейся системах, измеренная относительно первой, таким образом, будет составлять все то же соотношение: $1/\sqrt{1 - V^2/c^2}$.

Но предположим, со световыми часами все понятно. А почему же замедляются часы механические, кварцевые, электронные? Почему же, утверждают ученые, замедлению относительно A подвергнутся все физические процессы, в том числе и процессы в организме наблюдателя B – например, биение пульса? Дело в том, что часы замедляются не вследствие нарушений в работе, не вследствие иллюзий наблюдателей (и уже тем более – ошибок в наблюдениях), а вследствие чисто физических процессов и эффектов. «Время течет медленнее» означает всего-навсего то, что интервалы между событиями увеличиваются. Наши часы – лишь инструменты измерения феномена времени, поэтому они должны соответствовать его размерности. Время, как мы неоднократно убеждались, не абсолютная величина или сумма таковых величин, но всего лишь функция расстояния при постоянной скорости c ; за большее время свет пройдет большее расстояние, и, наоборот – на прохождение большего рас-

стояния свету потребуется большее время. Здесь все зависит от того, кто измеряет время и в какой именно системе отсчета.

Итак, любые часы наблюдателя B , движущегося относительно A , замедляются, причем эффект этот незаметен наблюдателю B до тех пор, пока он не сравнит показания своих часов с часами A . Часы A покажут, что луч прошел туда – обратно $(2\lambda)x$ раз. Часы наблюдателя B покажут, что их луч проделал эту операцию y раз, причем $x > y$. Следовательно, T (время в системе A) количественно больше t (времени в системе B). Это примерно то же самое, как если бы мои часы переместили минутную стрелку за полчаса на шесть делений, а часы моего знакомого – всего лишь на пять с половиной. Но предположим, механические часы наблюдателя B покажут то же время, что и наблюдателя A (то есть их показания разойдутся с показаниями световых часов). Возможно ли это? Что произошло бы в таком случае? В этом случае произошло бы то, что постулаты СТО категорически запрещают: наблюдатель B смог бы определить скорость системы B относительно абсолютной среды через абсолютное время. Ведь именно абсолютное время зафиксировали бы часы, идущие одинаково во всех системах и для всех наблюдателей. Никакой опыт не должен давать возможности определить наличие абсолютной среды или измерить относительно нее что-либо. Эффект замедления времени объясняет уже знакомый нам эффект сокращения длины дви-

жущегося объекта относительно неподвижного наблюдателя. Здесь все становится на свои места, если мы постоянно держим в уме простой факт – нет абсолютного времени и абсолютного расстояния, это всего лишь взаимозависимые и взаимопределяемые через скорость света величины. Предположим, длина перрона представляет собой расстояние, которое свет проходит для наблюдателя A за время T . Но что мешает измерять длину перрона наблюдателю B ? Эту длину он, конечно, будет измерять по своим часам и получит в результате $S = ct$. Но $T > t$. Следовательно, для наблюдателя B , движущегося относительно перрона, перрон будет тем короче, чем сильнее проявляется в его системе эффект замедления времени. Для решения проблемы Эйнштейн вводит поправки, пропорциональные в числовом отношении уже известному нам коэффициенту Лоренца (точнее, Лоренца – Фитцджеральда): $1/\sqrt{1 - V^2/c^2}$. Эти поправки в расчеты позволяют точно описать физические эффекты, не нарушая постулатов СТО: линейные размеры объекта, движущегося относительно неподвижной системы (и измеряемые относительно нее), сокращаются, время движения для этого объекта (измеренное опять же – относительно некой избранной неподвижной системы) замедляется. Запомним, что это не просто произвольные поправки с целью «спасения теории» – они опираются на эксперимент и подтверждаются им.

§ 7. Некоторые любопытные следствия

Если относительно пространственно-временные показатели движения, тогда относительной должна быть любая скорость, кроме скорости света в вакууме, поскольку скорость есть первая производная пройденного расстояния по времени. Но в том случае, если пространственно-временные характеристики скоростей могут сильно различаться для различных инерциальных систем, скорости нельзя складывать чисто арифметически или по простым правилам сложения векторов. Эйнштейн предложил иную формулу сложения любых скоростей: $W = (V_1 + V_2) / (1 + V_1 V_2 / c^2)$. Особенность этой формулы заключается в том, что ни одна сумма никогда ни при каких условиях не даст значения больше скорости света: $W \leq c$. Даже если сложить две световые скорости, получится сумма c , а не $2c$, как мы, возможно, ожидали.

Законы механики, точнее, ее кинематической основы, переписанные в соответствии с требованиями СТО, дают нам качественно иной образ реальности и происходящих в ней процессов, нежели тот, к которому мы привыкли или тот, который согласуется с нашим здравым смыслом. Перед нами все ярче проявляются контуры новой картины мира. Здесь нет тел и взаимодействия между ними. Здесь есть только события, которые фиксируются в системах отсчета, движущихся относительно друг друга. Здесь нет абсолютных величин

пространства и времени – размерность пространства/времени устанавливается относительно той или иной системы отсчета. Здесь нет эталонов палаты мер и весов. Здесь любое расстояние есть произведение скорости сигнала на время, за которое сигнал это расстояние проходит для конкретного наблюдателя. Теоретические основы этого мира были тщательно разработаны через несколько лет математиком Минковским, одним из учителей Эйнштейна, хотя сам Эйнштейн поначалу считал данную модель слишком «математической» и умозрительной.

В указанной модели реальности вновь установленная связь пространства и времени (в рамках трехмерной пространственной системы координат с добавленной временной координатой) дает новый смысл константе c , называть которую скоростью света можно, лишь отдавая должное истории развития естествознания. Дело в том, что любые физические процессы проходят в пространстве и времени и фиксируются наблюдателем в тех или иных системах отсчета. Константа c здесь исполняет роль связи между пространством и временем в единой системе координат. Свет просто распространяется со скоростью, равной фундаментальной константе c , выражающей, повторим, фундаментальное единство пространства-времени. Такое единство было предложено называть «четырёхмерным пространством-временем» или «континуумом».

Самое замечательное, что только что описанный мир пре-

красно согласуется с хорошо знакомым нам миром Галилея – Ньютона и здравым смыслом. Дело в том, что все описанные выше эффекты и явления становятся существенно значимыми при условии, что скорости, которыми мы оперируем, приближаются к скорости света или вообще равны ей. Если же скорости соизмеримы не со скоростью света, а, например, движением Земли (относительно c – очень небольшой величиной), то все описанные выше поправки и преобразования взаимосокаращаются и взаимоуничтожаются, переводя все расчеты в уютную знакомую еще по школе реальность ньютоновской физики.

Одним из эмпирических доказательств СТО считается феномен мюонов. Мюоны (мю-мезоны) – частицы, возникающие в верхних слоях атмосферы (около 10 км) и относящиеся по массе к так называемым «средним частицам то есть гораздо легче протонов и тяжелее электронов. Время жизни мюона составляет около 2×10^{-6} с, за которое он максимум может пройти 600 м (при условии его движения со скоростью $V \leq c$). Несмотря на это, земные лаборатории вполне могут успеть их обнаружить и зафиксировать – факт проверенный в экспериментах многократно. В чем же дело? Дело в том, что для частиц,двигающихся со скоростями, близкими к световым, работает эйнштейновское замедление времени. Их жизнь относительно нас как наблюдателей удлинится в $1/\sqrt{1 - V^2/c^2}$ раз; или, можно сказать, их путь до Земли сокращается на все тот же хорошо известный нам множитель.

Изменения в структуре пространства и времени потребовали и пересмотра динамических начал. Все дело в том, что в ньютоновские законы должны быть внесены соответствующие правки. Относительность пространства-времени должна быть распространена и на массу, которую следует разделить на массу покоя (которая фигурирует во всех уравнениях Ньютона) и так называемую «переменную массу», или релятивистскую массу, растущую при движении тела, равную $m_0/\sqrt{1 - V^2/c^2}$. Причина такой корректировки заключается в том, что в механике Ньютона скорость тела может расти до бесконечности при длительном воздействии на тело постоянной силы: $F = ma = mV/t = \Delta p/\Delta t$, где q – импульс тела, то есть количество движения сообщаемое телу в момент времени. Импульс растет пропорционально приложенной силе и вычисляется по формуле mV , где последний множитель описывает изменение скорости тела. В релятивистской механике скорость расти бесконечно не может, поэтому рост импульса будет обеспечиваться не только ростом скорости, но и ростом массы тела. Чем более разгоняется тело, тем более инертным (сопротивляющимся воздействию силы) оно становится, тем большей силы оно требует для возрастания импульса. Более того, рост массы будет пропорционален сокращению размеров движущегося тела относительно неподвижного наблюдателя. Вспомним еще одну величину – кинетическую энергию, равную работе, которую необходимо совершить для разгона тела до определенной скорости: $E =$

$mV^2/2 = p^2/2 m_0$. В релятивистском выражении это уравнение примет вид: $E = m_0 c^2 \sqrt{1 - V^2/c^2} = m_0 c^2 + p^2/2m_0$. Если же импульс тела будет равен нулю (для покоящегося тела или двигающегося прямолинейно равномерно), то вид уравнения еще более упростится и станет всем знакомым: $E = mc^2$, где m будет массой покоящегося тела. Это фундаментальный закон связи массы и энергии, лежащий в том числе и в основе ядерной энергетики.

Итак, Эйнштейн ставит хорошо известные нам физические модели на качественно новый фундамент, с одной стороны, изменяющий эти модели до неузнаваемости, с другой – строго очерчивающий границу их традиционного применения. Нельзя забывать, что меняется не природа, а лишь уточняется наше ее понимание и описание. Эти описания могут быть лучше или хуже, точнее или приблизительнее. Мы говорим: пространство движущегося объекта «растягивается», длина «уменьшается», а время «замедляется». Но все это происходит как результат измерений только в соответствующих системах отсчета, равноправных по отношению друг к другу. Инвариантной в соответствии с эйнштейновским постулатом остается только предельная скорость передачи сигналов, при помощи которой становится единственно возможным измерение времени и пространства. Все измерения, производящиеся разными наблюдателями, будут относительны, если предельная скорость абсолютна, ибо нет

абсолютно точных линеек и абсолютно точных во всех системах отсчета часов. Измерения дают нам разные результаты для разных систем, но ведь они и производятся в разных системах. При этом невозможно сказать, какой результат соответствует реальному положению дел, невозможно сказать, какова длина стержня или перрона «на самом деле», ибо такая постановка вопроса будет неявным допущением абсолютной системы отсчета, привилегированной по отношению ко всем остальным системам.

Правда, не следует забывать: все вышесказанное относится только к системам (а значит, телам и наблюдателям), движущимся равномерно, прямолинейно и параллельно друг другу. Если хотя бы одна из систем ускорится (замедлится) или изменит направление, все результаты СТО придется также безжалостно переписать. Именно этот случай часто описывается под названием «парадокс близнецов». Схема данного мысленного эксперимента следующая. Допустим, один из братьев-близнецов остается на Земле, а другой на ракете с около световой скоростью отправляется к некой звезде. Он эту звезду фотографирует и с той же скоростью отправляется обратно. Часы брата-путешественника в соответствии с описанными выше эффектами должны идти медленнее, однако, как мы помним, часы лишь измеряют реальные временные интервалы, а не абсолютные минуты и секунды, следовательно, замедляются все процессы на ракете (в том числе и пульс, и жизненные процессы в организме брата-пу-

тешественника, чего он изнутри своей системы отсчета, конечно, зафиксировать не может). Таким образом, по возвращении брат-путешественник окажется моложе своего брата-домоседа. С точки зрения постулатов СТО, в указанном эксперименте все верно – для наблюдателя на Земле пройдет больше времени, чем для наблюдателя на ракете (здесь же можно вспомнить эффект замедления времени в сверхточных атомных часах или приведенный выше пример с мюонами). То, что это противоречит здравому смыслу и обыденному опыту, вообще не говорит ни о чем – хороша наука, опирающаяся на житейские представления! Однако есть некоторые моменты, которые и делают, собственно, этот парадокс парадоксом. Во-первых, системы отсчета братьев не равноправны, поскольку в противном случае всегда можно предположить, что брат-путешественник покоится, а брат-домосед удаляется (а затем приближается) с околосветовой скоростью. При взлете и посадке, например, брат-путешественник будет испытывать такие эффекты, которые не испытает брат-домосед. Во-вторых, эти системы вообще не инерциальны, поскольку ракете необходимо совершать как минимум разгон и торможение (предположим, что часть пути она все-таки летит с постоянной скоростью), а также совершать разворот обратно к Земле по достижении звезды, то есть отклоняться от прямолинейного движения. Таким образом, эффект замедления времени будет наблюдаться только в периоды, когда ракета будет перемещаться прямолинейно

и равномерно. Другие моменты ее движения в рамках СТО не описываются. Эти вопросы относятся уже к области общей теории относительности (ОТО).

§ 8. Проблема гравитации и принцип эквивалентности масс

Главное отличие ОТО от СТО в том, что в центре внимания первой находятся такие системы отсчета, которые второй полностью игнорируются, – системы, движущиеся относительно друг друга с ускорением и не по прямолинейным траекториям. Такие системы называются неинерциальными, и в них не соблюдаются а priori те законы и принципы, которые были справедливыми для инерциальных систем. СТО, таким образом, выступает как частный случай ОТО и может быть выведена из нее. Некоторые авторы утверждают, что возможен и обратный вывод с очень похожими результатами. Тем не менее ОТО сама по себе в момент своего появления не была, подобно СТО, ответом на вызов научного кризиса или остроумным решением старой проблемы – она лишь развивала положения СТО в определенном направлении. Эйнштейн напряженно работал над ней до 1916 г., рассматривая ее как распространение постулатов теории относительности на неинерциальные системы отсчета.

Проблема изначально заключалась в том, что ньютоновское гравитационное взаимодействие, описанное всем хоро-

шо знакомым уравнением $F_T = GMm/R^2$, должно было распространяться мгновенно на любые расстояния и столь же мгновенно изменяться, например, при изменении масс в соответствии с принципом дальнего действия. Однако такого рода взаимодействие противоречит электромагнитной теории с ее ближнедействием. Поэтому было предложено – во многом по аналогии, – что тяготеющие тела воздействуют друг на друга не непосредственно через пустое пространство, а через посредство особой физической реальности полевой природы, которую можно назвать полем тяготения. Поскольку сила притяжения обратно пропорциональна расстоянию между взаимодействующими телами, постольку величина и направление поля тяготения должны определяться законом, описывающим пространственные свойства данных полей.

Привести вышеуказанную аналогию гравитационного и электромагнитного полей оказалось гораздо проще, чем дать развернутое теоретическое описание указанного феномена. Попытки построить иные (ньютоновские) теории гравитации предпринимались и ранее, в частности, одну из первых попыток предпринял уже Дж. Максвелл. Однако, в целом, задачу нельзя было считать решенной, и решенной удовлетворительно. СТО в этом смысле подавала неплохие надежды на то, что ее дальнейшее развитие и обобщение даст возможность привести ньютоновскую теорию в соответствие с принципами науки XX в. На фоне СТО как ее прямое следствие уже была создана новая концепция четырехмерного

псевдоевклидоваго пространства-времени Г. Минковского, но она, правда, не учитывала гравитационных эффектов.

Прежде чем перейти непосредственно к проблеме гравитации, следует еще раз обратить внимание на уже хорошо знакомые нам инерциальные системы. Мы уже видели, что инерциальные системы отсчета рассматриваются как равноправные в нескольких смыслах. Во-первых, законы движения, наблюдаемые в одной системе, будут наблюдаться и во всех остальных. Выбор системы отсчета не влияет на наблюдаемые явления и не меняет их фундаментального описания. Во-вторых, эти системы движутся относительно друг друга прямолинейно и равномерно. Ни одна система не может здесь считаться абсолютно неподвижной. Тем не менее не все системы могут рассматриваться как равноправные, особенно привязанные к реальным объектам, а не умозрительным конструкциям. Находясь внутри вагона, мы легко впадаем в ошибку по поводу нашего движения относительно полотна, видя в окно движущийся поезд. С точки зрения принципов относительности, здесь нет никакой ошибки или заблуждения, так как наш поезд может рассматриваться как движущийся относительно другого поезда, что, в свою очередь ничуть не мешает нам описывать его покой относительно перрона. Тем не менее у нас есть возможность установить, какая из систем движется на самом деле, то есть к какой именно из систем прилагается ускорение: когда ускоряется наша система, мы ощущаем более-менее явный толчок

в направлении движения, который позволяет отбросить все сомнения по поводу нашего движения или покоя.

Теперь представим себе еще один пример. Возьмем уже знакомых нам наблюдателей A и B , находящихся внутри двух лифтов. Представим себе, что на наблюдателя A действует сила тяготения, то есть он помещен в гравитационное поле. Если лифт покоится или движется прямолинейно-равномерно, все находящиеся в нем предметы будут падать вниз под действием силы тяжести, так что наблюдатель не сможет отличить состояние покоя от состояния движения, подобно наблюдателю на галилеевом корабле в закрытом трюме, поскольку все законы механики будут соблюдаться в полном объеме. Лифт наблюдателя B мы, напротив, поместим вдали от любых сил тяготения, но при этом заставим его перемещаться с ускорением вверх. Что же увидит наблюдатель B ? Он увидит, что все тела в лифте будут вести себя так же, как если бы на них действовала сила тяжести, — они будут падать на пол с постоянным ускорением. Если же перед ним на веревке подвесить к потолку груз, то он объяснит натяжение веревки все той же силой тяготения. Таким образом, наблюдатели A и B не смогут отличить действие силы тяготения и действие ускорения — для них они будут одинаковы. Даже пол будет давить на подошвы их ботинок одинаково. Одно и то же движение, например падение камня или носового платка на пол, можно будет одинаково хорошо объяснить как действием силы тяжести, так и ускорением, на-

правленным в противоположную данной силе сторону. Система, неподвижная в поле тяготения, и система, ускоренно движущаяся в поле тяготения, по поведению тел никак не отличаются. Однородное гравитационное поле, таким образом, оказывается эквивалентным постоянному ускорению.

Эта связь между ускорением и силой тяжести была известна уже Ньютону и, возможно, в какой-то форме Галилею, утверждавшему, как мы помним, что все тела падают на Землю с одинаковым ускорением. Эта связь присутствует и в классических уравнениях, хорошо знакомых любому школьнику: $F_T = GMm/R^2$; $a = F/m = GM/R^2$. Сила прямо пропорциональна массе тела («тяготеющей» или «тяжелой», представляющей собой меру подчинения тела гравитационному полю), ускорение – обратно пропорционально массе («инертной» как мере сопротивления движению), однако, эти массы оказываются эквивалентными друг другу. Как показывает последнее уравнение, ускорение свободно падающего на Землю тела вообще не зависит от его массы. Никакие другие фундаментальные взаимодействия, кроме гравитационного, такую чудесную связь не обнаруживают – так в максвелловских уравнениях электрическое и магнитное поля, не исчезая, преобразуются друг в друга.

Именно Эйнштейн предположил, что все эти феномены указывают нам на уже описанную выше эквивалентность понятий гравитационной силы и ускорения. В этом смысле фундаментальный закон инерции о прямолинейном и равно-

мерном движении тела без воздействия каких-либо сил можно переписать в том духе, что все тела, не испытывающие никаких внешних воздействий, свободно падают с ускорением. Таким образом, при помощи тяготения мы легко можем перейти от ускоренно движущихся систем к неподвижным и обратно, правда, при условии однородности гравитационного поля. Ускоренно движущийся лифт может быть рассмотрен наблюдателем B как покоящийся в гравитационном поле. Это, как замечает Эйнштейн, и дает нам право распространить принцип относительности на системы отсчета, движущиеся ускоренно относительно друг друга.

§ 9. Эквивалентность систем отсчета

Принцип относительности Эйнштейн формулирует так: все системы отсчета эквивалентны в отношении описания общих законов природы, вне зависимости от состояния их движения. Для всех инерциальных систем этот принцип был изначально справедлив: среди них привилегированных систем отсчета нет, все системы равноправны, а законы природы в них действуют одинаково. Но для неинерциальных систем ситуация складывается иная – поведение объектов в них описывается иным образом. Следовательно, инерциальные и неинерциальные системы не выступают в качестве эквивалентных и равноправных. Поэтому необходимо ликвидировать это неравноправие в соответствии с принципом от-

носительности, а для этого выяснить, в чем именно заключена причина такого неравноправия.

Итак, ускорение свободно падающего тела никак не зависит от его массы и вообще от каких-либо его свойств. Точно так же от массы не будет зависеть и траектория движения тела. Но если движение тела не зависит от самого тела, то от чего оно зависит? Уже в физике Галилея и Ньютона встречается следующая догадка: от взаиморасположения и взаимодействия других тел, то есть исключительно от внешнего фактора. Но ускорение, полученное телом в той или иной точке, не зависит и от наличия или отсутствия других тел (кроме Земли как источника гравитации). Отсюда можно сделать вывод: дело не в телах и их качествах, а в особых свойствах пространства, определяющих их движение.

Теперь представим себе, что в неподвижную кабину лифта B сквозь одну из стен (точка α) проникает луч света, движется перпендикулярно стене и падает на противоположную стену (точка ω). Затем тот же самый случай представим для лифта,двигающегося с ускорением вверх. Наблюдатель B фиксирует траекторию луча в первом и втором случае и с удивлением обнаруживает, что во втором случае свет распространяется не перпендикулярно стене, то есть не по прямой, а по кривой, смещаясь в направлении пола (и проходит не через точку ω , а, например, через точку ξ). Наблюдатель сможет описать это искривление как отклонение луча в гравитационном поле, как смещение луча относитель-

но движущегося объекта, как притяжение света тяготеющим телом – все эти описания будут эквивалентны. Из этого факта искривления траектории светового луча следует, в частности, и то, что принцип постоянства скорости света не может претендовать на априорную применимость в неинерциальных системах. В качестве определяющего фактора нам здесь остается признать ускоренное движение системы отсчета или воздействие на нее гравитационного поля.

В чем же проявляется эффект воздействия последнего, помимо появления зависимости скорости света от системы координат? Эйнштейн показывает, что наиболее очевидным проявлением этого будут проблемы, связанные с определением точного времени, а также невозможность соблюдения положений всем хорошо нам знакомой геометрии Евклида для определения координат тех или иных событий. Напомним, что именно точность измерения времени и его связь с принципом постоянства скорости света были в рамках СТО теми опорными пунктами, которые позволяли производить описание происходящих процессов с высокой эффективностью и объяснительной силой.

В рамках СТО мы уже познакомились с эффектом сжатия и растяжения пространства-времени – когда свет проходит от точки к точке для внешнего (неподвижного) наблюдателя быстрее, чем для наблюдателя внутри системы, вследствие чего расстояние между точками для внешнего наблюдателя окажется меньшим, чем для внутреннего. Проблема

в том, что нет такой универсальной линейки, которая позволила бы измерить это сокращение в абсолютном выражении, тогда как внутренний наблюдатель всегда может сказать внешнему: внутри моей системы 5 см равны твоим 5 см, но если эти 5 см будешь измерять ты, то эти 5 см окажутся для тебя короче – пропорционально вездесущему лоренцовскому множителю. Такое «сжатие-растяжение» не нарушало положений евклидовой геометрии, поскольку фиксировалось наблюдателями в инерциальных системах отсчета, то есть движущихся прямолинейно и равномерно. Теперь же мы можем сказать: пространство-время не только растягивается или сжимается, оно еще и искривляется. При этом нельзя сказать, что это происходит под действием какой-либо силы – мы лишь фиксируем соответствующие физические явления. Итак, если мы начинаем чертить прямые, углы и фигуры на сферах и вогнутых поверхностях, то есть поверхностях криволинейных, то это значит, что нам нужно попрощаться со знакомыми и привычными декартовыми координатами и геометрией Евклида, а значит, с еще одной частью привычной знакомой реальности.

§ 10. Неевклидовы геометрии пространства и гауссовы координаты

Первый шаг в сторону от евклидового пространства, связанный с теорией относительности, был сделан уже в 1908 г.

Г. Минковским в математической модели четырехмерно-пространственно-временного континуума. Мы не можем представить это пространство, как оно есть, мы можем лишь схематично описать его подобно тому, как существа, живущие в двухмерной системе, не смогут наглядно представить наш трехмерный мир, хотя смогут достаточно точно его описать при помощи уравнений. Но настоящую пространственно-временную революцию осуществила не СТО, а ОТО.

Собственно, СТО сохранила главную черту пространства Евклида – нулевую кривизну плоскостей и пространств, на которых и внутри которых и существуют все возможные геометрические построения и описания. Фундаментальный принцип этой геометрии – кратчайшим расстоянием между двумя точками является прямая. Эта прямая носит название «геодезическая линия» или просто «геодезическая». Если мы добавим в это чисто математическое выражение физический смысл, то мы можем сказать: в евклидовой системе и эквивалентных ей свет движется от одной точки до другой по геодезической. Луч света здесь является образным определением прямой, точнее, геометрического луча как ее части. Но попробуем изобразить геодезическую линию на вогнутой или выпуклой поверхности, например, на футбольном мяче. Геодезическая останется кратчайшим расстоянием между точками на искривленной поверхности, но относительно нас как внешних наблюдателей она примет вид кривой. Другой пример. Изобразим на листе бумаги путь неко-

торого тела, просто проведя грифелем условно прямую линию от одного конца до другого. Теперь сложим лист бумаги пополам – траектория движения изменится и будет напоминать острый угол, хотя для движущегося тела она останется прямолинейной относительно его системы отсчета (плоскости листка бумаги). Сомнем лист в ладони – траектория пример вид бесконечно-ломанной кривой. Свернем лист в трубочку перпендикулярно нашей линии – траектория примет вид окружности. Очевидно, что мы можем скручивать и сворачивать плоскости (точнее, их физические аналоги, вроде бумажных листов), а не пространства, но суть процессов остается той же самой. Таким образом, при нулевой кривизне пространства все системы могут быть рассмотрены как инерциальные. Переход к неинерциальным системам всегда связан с искривлением континуума – именно кривизна приносит эффект ускорения движения относительно наблюдателя и отклонения этого движения от прямолинейных траекторий.

Представим, что мы перемещаемся по ровной прямой дорожке со скоростью 5 км/ч относительно поверхности этой дорожки. Мы можем, с некоторыми оговорками, в какой-то период считать свое движение равномерным (мы можем этого добиться при помощи очень точных часов, сделав поправки на ускорение и торможение). Будет ли оно прямолинейным, даже если дорожка очень ровная и прямая? Нет, ни в коем случае. Может ли оно быть прямолинейным гипотети-

чески? Нет, снова нет. Почему же? Ответ известен каждому: мы не можем перемещаться по прямой на поверхности Земли, поскольку поверхность Земли – не прямая, а искривленная, сферическая. Мы, таким образом, можем перемещаться только по таким траекториям, по которым позволяет нам перемещаться сама структура поверхности или пространства, хотя сами мы этого можем не замечать или в ряде случаев просто пренебречь.

Вопрос: что же именно искривляет и сворачивает (точнее даже сказать, «уплотняет») пространство? Источником такого искривления является все та же масса, взятая теперь как характеристика плотности материи и выступающая как эквивалентная энергии. Масса любого материального тела искривляет пространство пропорционально своей величине, в том числе и масса шарика, падающего на поверхность Земли. Понятно, что масса шарика искривляет пространство настолько незначительно, что этим эффектом можно смело пренебречь. Условное представление о такого рода искривлении пространства дает следующий пример. Представим себе массивный шар, помещенный в центр резинового коврика, изначально представляющего собой плоскость. Своей массой он продавит коврик, искривляя поверхность.

Таким образом, модель пространства была создана. Необходимо было лишь описать ее. Задача для физики упрощалась тем, что математическая основа для описаний такого рода плоскостей и пространств уже была разработана мате-

матиками, создателями различных вариантов неевклидовых геометрий – Бернхардом Риманом, Николаем Ивановичем Лобачевским. Карлом Гауссом была создана и соответствующая система координат, альтернативная декартовой. Для Декарта все координатные оси и направляющие были прямыми и строились как перпендикуляры к осям. Гаусс же изначально использует не прямые, а кривые – как если бы мы чертили декартову двумерную координатную систему на неровной выпукло-вогнутой поверхности. Гауссова система, выступила, таким образом, в качестве логического обобщения системы Декарта, что делает возможным ее применение к любому пространственно-временному континууму с любым количеством измерений. Именно гауссовы координаты и берет за основу Эйнштейн для описания процессов, происходящих в любых системах отсчета, – как инерциальных (здесь кривые превратятся в рамках частного случая в прямые), так и неинерциальных. И именно в гауссовых координатах принцип относительности будет выполняться в полном объеме для всех систем отсчета.

Эйнштейну, таким образом, удалось совершить почти невероятное – построить теорию гравитации на минимальном количестве принципов и постулатов, фактически сведя физические процессы к геометрическим описаниям. Это вызвало как восторженное принятие теории относительности одними (например, А. Эддингтоном, крупным астрономом, подтвердившим многие предположения Эйнштейна экспе-

риментально), так и скепсис со стороны других. Сам Эйнштейн рассматривал ее в качестве возможного исходного пункта обобщающей окончательной теории Вселенной. И, несмотря на то что последняя так и не была им создана, теория относительности и по сей день является одной из основных фундаментальных теорий, описывающих физические процессы, происходящие на разных уровнях организации природы мира.

Поговорим о прочитанном

1. Назовите ученых, поставивших проблемы ограниченности старой научной картины мира одновременно с А. Эйнштейном.

2. В чем смысл принципа относительности Г. Галилея? Почему в начале XX в. этот принцип оказался в науке под вопросом?

3. Какие эксперименты поставили под вопрос наличие абсолютной среды? В чем заключалась принципиальная новизна подхода А. Эйнштейна?

4. Что такое научные постулаты и какова их роль в формировании теории?

5. В чем состоял пересмотр понятий пространства и времени в теории относительности? Что такое «континуум»?

6. Как Вы думаете, почему А. Эйнштейна и его коллег не смутила парадоксальность ряда положений СТО и выводов

из нее?

7. В чем принципиальное различие СТО и ОТО?

8. Какое положение находится в основе ОТО? Какие принципиальные выводы из него следуют?

9. Что означает «искривление пространства-времени»? Каков физический смысл указанного явления?

10. Почему появление СТО и ОТО можно назвать проявлением научной революции?

Часть 2. Общая характеристика концепций мегамира

§ 1. Новый взгляд на Вселенную и человека в ней

Созданная А. Эйнштейном теория относительности стала одной из отправных точек в формировании современного (неклассического) естествознания, или, как его еще называют, квантово-релятивистской парадигмы, разительно отличающейся от предшествующего ей естествознания классического и, само собой разумеется, обладающей своими специфическими чертами. Если характерной чертой античной и средневековой картин мира был геоцентризм, классическое естествознание исходило из гелиоцентрического устройства Вселенной, то одной из важных особенностей современной научной картины мира стал релятивизм (от лат. *relativus* – относительный). Если говорить о модели построения мироздания, то под релятивизмом понимается представление, согласно которому ни одна точка во Вселенной (ни Земля, ни Солнце, ни какой-либо другой объект) не может считаться ее абсолютным центром. Иными словами, мы вправе выбрать любую точку во Вселенной и рассматривать эту точку как

некий условный, относительный (релятивный) ее центр. Из этого следует, что и границы Вселенной также относительны, ведь для того, чтобы установить абсолютные границы любого объекта, надо ориентироваться на некую абсолютную точку этого объекта – например, его центр. Кроме того, раз релятивен центр Вселенной, то в ней не существует и абсолютной системы отсчета, но зато может быть выбрано великое множество относительных, и все они будут равноправными. Поскольку проблема относительности пространства-времени и различных систем отсчета подробно рассматривалась в предыдущей части, мы не будем останавливаться на этом снова, дабы не повторяться. Отметим лишь, что при таком подходе любое утверждение имеет смысл, только являясь «привязанным» к какой-либо конкретной системе отсчета, соотношенным с ней; а это означает, что любое наше представление, в том числе и вся научная картина мира релятивны, относительны. С точки зрения современной науки и философии никакого абсолютно истинного знания нет и быть не может – истина в рамках этих форм духовной культуры всегда относительна, всегда условна.

Еще одной специфической особенностью современного естествознания является антимеханистическое представление об устройстве Вселенной. Вспомним, что ньютоновская наука характеризовалась, прежде всего, механицизмом, согласно которому все многообразие природных явлений в конечном итоге сводится к простым механическим взаимодействиям.

ствиям между физическими телами; и с помощью механики, следовательно, научное познание может охватить и исчерпать всю природу. С точки зрения современных естественнонаучных представлений, Вселенная не является огромной механической совокупностью составляющих ее объектов, а представляет собой нечто неизмеримо более сложное, чем механизм, хотя бы даже грандиозный и совершенный. Многообразие природных явлений не сводится к механическим взаимодействиям, потому что последними объясняется далеко не весь окружающий мир (как казалось Ньютону), но только маленькая его часть. Более того, сами механические взаимодействия не являются в природе базисными, основными, исходными, а представляют собой следствия или проявления других, более глубоких, фундаментальных взаимодействий, о которых речь пойдет дальше.

Другой принципиальной особенностью нынешней науки является антропный принцип (от греч. *anthropos* – человек). Классическое естествознание исходило из разделенности и противопоставленности объекта (окружающего мира) и субъекта (познающего человека). Считалось, что человек существует сам по себе, независимо от мира, и познает его таким, какой он на самом деле, получая, следовательно, совершенно правильную, истинную картину вещей. Научное познание отражает природную реальность так же, как фотография точно воспроизводит запечатленные на ней объекты. Современная наука базируется на ином представлении: по-

знающий человек смотрит на окружающий мир не извне, как сторонний наблюдатель, совершенно независимый от него, а, наоборот, изнутри, будучи его неотъемлемой частью. В силу этого познаваемый мир не может быть чем-то исключительно внешним, самым по себе существующим объектом, который можно отразить, воспроизвести и описать таким, каким он является «на самом деле». Антропная (человеческая) природа неизбежно накладывает на познание такое ограничение, в силу которого человек принципиально не может быть чисто объективным наблюдателем «самой по себе» существующей Вселенной, потому что сам он является одним из закономерных этапов ее длительной, грандиозной эволюции. Говоря иначе, в силу антропного принципа объект и субъект познания не отделимы друг от друга, что накладывает существенный отпечаток на рисуемую современной наукой картину мира и представляет собой одно из ее важных отличий классического естествознания. Кроме того, антропный принцип также представляет собой идею, согласно которой все параметры, константы и свойства Вселенной с самого ее рождения были таковы, что в ней на каком-то этапе ее грандиозной эволюции должен был появиться разумный ее наблюдатель – человек. Малейшее изменение хотя бы одного параметра «запустило» бы эволюцию Вселенной по другому пути, и человек в ней не появился бы.

Следующая характерная черта современного естествознания – это глобальный эволюционизм. Вторая, или классиче-

ская, научная картина мира утверждала, что Вселенная неизменна. Одной из главных идей третьей, или эйнштейновской, научной картины мира является утверждение о том, что все ныне существующее есть результат длительной эволюции, грандиозного мирового развития – от физического вакуума и хаоса элементарных частиц до высокоразвитых форм жизни, включая человека разумного (*homo sapiens*). Раньше Вселенная была совсем не такой, как сейчас, считает современная наука. Вспомним, первую научную картину мира мы сравнивали с живописным полотном (все очень красиво, но сходство с реальностью минимальное), вторую – с черно-белой фотографией (сходство с действительностью достаточно большое, но неудобство причиняют статичность и безжизненность). Третью научную картину мира можно уподобить цветной киноленте, каждый кадр которой соответствует определенному этапу в эволюции Вселенной.

Кроме того, если вторая научная картина мира считалась завершенной, описавшей и объяснившей в основном всю природу, то современное естествознание вынуждено признать, что вслед за вечным изменением мира будут меняться и наши представления о нем. А это значит, что нынешняя научная картина мира в недалеком или отдаленном будущем уступит место иным научным представлениям. Единственно верную, абсолютно точную, полностью завершенную картину мира не удастся нарисовать никогда, говорит современная наука.

Вспомним, одной из характерных черт ньютоновского, или классического, естествознания являлся механицизм, неизменными «спутниками» которого были детерминизм и идея стационарности мира. Глобальный эволюционизм также характеризуется наличием своих «спутников». Если, согласно идее глобального эволюционизма, Вселенная представляет собой грандиозную эволюцию протяженностью в миллиарды лет, от хаоса элементарных частиц до сложных форм жизни и разумного человека, то это означает, что мировое развитие шло по восходящей линии – от более простого к более оформленному и структурированному. Эволюция Вселенной представляет собой постепенное нарастание сложности материальных структур, их саморазвитие и самоорганизацию. Теория самоорганизации материальных объектов и систем называется синергетикой (от греч. *synergos* – совместно действующий), которая и является одним из «спутников» глобального эволюционизма. Согласно синергетическим идеям, в развитии любой материальной системы (под материальной системой подразумевается любая, простая или сложная, структура, от атома до человеческого общества) есть так называемые точки бифуркации (от лат. *bifurcus* – раздвоенный) – такие моменты или состояния, в которых система становится неустойчивой, и любые случайные факторы, называемые флуктуациями (от лат. *fluctuatio* – колебание), могут «столкнуть» систему на какой-либо один из возможных, альтернативных путей дальнейшего разви-

тия. Таким образом, в точке бифуркации поведение системы становится непредсказуемым, а ее будущее – неопределенным. Вне точек бифуркации (или между ними) система является устойчивой, и случайные факторы не могут как-либо существенно повлиять на нее. В этих случаях поведение системы предсказуемо, а ее будущее является определенным. Например, раскачивающийся маятник представляет собой устойчивую систему: можно точно сказать, чем закончатся его колебания, – они со временем затухнут, и маятник будет неподвижен в отвесном, «серединном» своем состоянии. Однако если повернуть его на 180° , поднять вертикально вверх и отпустить, то принципиально не известно, в какую сторону он свалится (направо или налево); в таком положении он находится в точке бифуркации, и его падение в ту или другую сторону зависит от случайных факторов. Классическое естествознание сосредоточивало свое внимание на устойчивых материальных системах, подобных «нижнему» положению маятника, а современное естествознание проявляет большой интерес к неустойчивым системам, подобным «верхнему» положению маятника, чем во многом и объясняются такие его черты, как глобальный эволюционизм и синергетическое видение мира.

Наконец, еще одним «спутником» глобального эволюционизма является индетерминизм – идея, согласно которой мир не является полностью предсказуемым, ясным и определенным; в нем немалую роль играет случайность, в его

развитии (поскольку он также является материальной системой) есть точки бифуркации, есть альтернативность и неоднозначность путей, мир не является линейным, как в детерминизме.

§ 2. Современные представления об устройстве Вселенной

Как нам уже известно, область огромных космических расстояний и массивных космических тел называется мегамиром. Его главными объектами, по современным представлениям, являются планеты и звезды, связанные между собой галактики и метagalaktiki. Звезды представляют собой раскаленные физические тела гигантских размеров. Для пояснения скажем, что диаметр Солнца, которое является небольшой звездой, равен приблизительно 1 400 000 км, в то время как диаметр Земли – это приблизительно 12 700 км, то есть Солнце превосходит Землю по диаметру примерно в 110 раз. А это значит, что по объему оно больше нашей планеты приблизительно в миллион раз. Звезды – это плазменные космические объекты. Плазмой называют четвертое агрегатное состояние вещества. Первые три – это твердое, жидкое и газообразное. Одним из различий между этими тремя состояниями является температура. Так, например, вода при одной температуре может быть льдом (то есть может находиться в твердом состоянии), при более высокой –

водой (жидкое состояние), а еще при более высокой – паром (газообразное состояние). Под плазмой чаще всего понимается вещество с огромной температурой. Проще ее можно было бы назвать раскаленным газом. Таким образом, звезды – это очень горячие газовые тела колоссальных размеров.

У каждой звезды есть свой собственный срок жизни. Согласно наиболее распространенной точке зрения звезды зарождаются из гигантских межзвездных газово-пылевых облаков в результате гравитационного сжатия последних. Постепенно уплотняясь, такое облако превращается в протозвезду, в центре ее под действием гравитации собирается весь присутствующий в облаке водород (самый легкий химический элемент, атомы которого образованы всего лишь одним протоном в ядре и одним электроном вне ядра). Температура водорода неуклонно растет до того момента, когда его атомы начинают терять электроны, превращаясь тем самым в ионы. Лишившиеся электронов атомные ядра водорода вступают во взаимодействие друг с другом, соединяясь в ядра гелия. Происходит это в центре молодой звезды – в ее ядре. Причем из четырех протонов получается одно ядро гелия (2 протона и 2 нейтрона) и множество разнообразных элементарных частиц, и все это сопровождается выбросом световой и тепловой энергии. Этот процесс слияния ядер атомов и превращения тем самым одних химических элементов в другие с выделением огромного количества энергии называется термоядерным синтезом.

«Сжигая» водород, звезда не позволяет гравитации сжать себя до сверхплотного состояния. Интересно то, что чем больше масса звезды, чем изначально больше в ней водорода, тем больше и интенсивнее ей приходится его сжигать, сопротивляясь силе гравитации. Получается, что, чем массивнее звезда, тем короче ее жизнь. Но и любая звезда рано или поздно израсходует весь пригодный для термоядерных реакций водород, и гелий в ее ядре вступит в новую термоядерную реакцию, в результате которой образуется углерод, а также снова появится целый фейерверк разнообразных субатомных частиц. А звезда тем временем начнет расширяться, охлаждаться, превращаясь в так называемый «красный гигант». И если масса ее весьма скромная, то вскоре гравитация запустит процесс сжатия ее до «белого карлика», который будет излучать остаточное тепло до тех пор, пока окончательно не остынет. Такая судьба ожидает и наше Солнце. Но произойдет это еще очень не скоро.

Звезды же намного более массивные, чем Солнце, завершают свое существование весьма ярко и зрелищно. Их ядрам хватает энергии для того, чтобы продолжать термоядерную реакцию и создавать все более и более тяжелые химические элементы вплоть до железа, которое уже не может вступать в ядерный синтез. Когда в ядре звезды начинается новая реакция, в ее оболочке продолжается предыдущая (например, в ядре углерод уже превращается в кремний, а в оболочке из гелия еще активно создается сам углерод). Как

только температура и давление внутри ядра достигают определенного уровня, звезда под воздействием огромной гравитации начинает сжиматься (коллапсировать), а затем взрывается в ослепительной вспышке «сверхновой», выбрасывая все вещество своей оболочки и огромное количество энергии в окружающее пространство Вселенной. И в этом взрыве рождаются все остальные химические элементы, существующие в природе, вплоть до урана. А затем, если масса оставшегося после взрыва ядра составляет 10–30 солнечных масс, то продолжающийся коллапс приведет к созданию нейтронной звезды, если более 30, то образуется «черная дыра». Термин «черная дыра» весьма условен. Им обозначают отнюдь не дырку в пространстве-времени, а очень значительный по массе объект, возникающий на месте гибели сверхмассивной звезды. Иначе говоря, «черная дыра» – это мегаобъект, сжавшийся до малых размеров и поэтому имеющий огромную плотность и колоссальную массу. Например, если бы наша планета сжалась до размеров горошины, она стала бы «черной дырой». В силу огромной массы гравитация «черной дыры» настолько велика, что даже попавший в ее «горизонт событий» (зону, в которой сила ее притяжения максимальна) свет уже не может оттуда вырваться. А ведь он обладает самой большой в природе скоростью.

Как правило, звезды находятся на огромных расстояниях друг от друга, хотя встречаются и близко соседствующие, например двойные звезды. Эти расстояния принято изме-

рять световыми годами (расстояние, которое свет проходит за один год – 9 460 730 472 580 800 м, или приблизительно 9,46 квадриллиона метров) и в парсеках (1 парсек составляет 3,2616 светового года). Они существуют не изолированно, а в виде гигантских скоплений, которые называются галактиками. В нашей Вселенной огромное количество галактик, в некоторых из которых число звезд может достигать до 400 млрд. По форме галактики бывают эллиптическими, линзовидными, спиральными, неправильными и др., их масса может находиться в диапазоне от 10^7 до 10^{12} масс Солнца, а диаметр варьируется от 5 до 250 килопарсек (16 – 800 тысяч световых лет). Расстояния до ближайших из них измеряются не столько в световых годах и парсеках, сколько в мегапарсеках; а до самых отдаленных – в единицах красного смещения. При этом увидеть на небе невооруженным глазом можно только три галактики – это Туманность Андромеды, а также Большое и Малое Магеллановы Облака.

Наша Солнечная система находится внутри одной из достаточно небольших по размеру и количеству звездных систем галактик. Называется она Млечный путь («млечный» – значит «молочный», потому что видимая с Земли часть нашей галактики белесого цвета, а греческое слово *galaktos* – это родительный падеж от слова *gala*, которое переводится на русский, как «молоко») и состоит по оценкам современным ученым из около 200 млрд звезд. Наша галактика относится к классу спиральных, то есть имеет внутри своего

диска яркие ветви или рукава звездного происхождения, как бы выходящие из ее центральной области и закручивающиеся подобно виткам спирали. Диаметр Млечного пути равен приблизительно 100 тысячам световых лет (то есть чтобы попасть из одного конца нашей галактики в другой, надо лететь 100 тысяч лет со скоростью света, а это, напомним, почти 300 000 км/с). Толщина галактического диска порядка 1500 световых лет. А возраст самых древних ее звезд почти равен возрасту Вселенной и составляет 13,2 млрд лет.

Солнце и его восемь планет находятся в одном из рукавов-ответвлений Млечного пути на расстоянии $26\,000 \pm 1\,400$ световых лет от его центра. Солнечная система вращается вокруг ядра галактики, делая полный оборот за так называемый галактический год (это, по разным оценкам, от 225 до 250 млн земных лет). Само ядро состоит из очень плотного скопления звезд, в центре которого, по современным научным представлениям, находится сверхмассивная «черная дыра». В настоящий момент Солнце движется в той части галактического пространства, где ядро закрыто от него пылевой туманностью (громдным облаком космической пыли). Через несколько миллионов лет Солнечная система выйдет из-за этой завесы и будет подвержена излучениям, идущим от ядра. Им будет подвергаться также и наша планета. Возможно, что если бы Земля не была защищена пылевой туманностью, а являлась открытой, то излучения галактического ядра влияли бы на состояние и развитие жизни на ней.

Галактики, как правило, существуют не изолированно, а в виде скоплений, которые содержат в себе до нескольких тысяч отдельных галактик. Если, несмотря на огромные расстояния между галактиками (в десятки и сотни миллионов световых лет), провести сравнение между молекулами макротела и галактиками в скоплениях, то оказывается, что галактические скопления можно уподобить очень вязкой среде. Взаимодействующие скопления галактик образуют метагалактику. Греческая приставка *meta* обозначает над, сверх, более и т. д., то есть Метагалактика – это сверх- или супергалактика. Современная наука допускает возможность возникновения и существования множества других миров или метагалактик, кроме нашей метагалактики, называемых внеметагалактическими объектами.

Помимо звезд, объединенных в галактики и метагалактики, важными космическими объектами являются планеты. Они представляют собой небесные тела, движущиеся вокруг звезд (или того, что остается от звезды после ее коллапса). Планеты обладают массой, достаточной для того, чтобы стать приблизительно шарообразными под действием собственной гравитации, но при этом недостаточной для того, чтобы в них началась термоядерная реакция. Среди них выделяют, во-первых, планеты Солнечной системы, последовательность расположения которых от Солнца такова: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун (в Солнечной системе имеются еще и пять карликовых пла-

нет: Плутон, до 2006 г. считавшийся девятой планетой, Церера, Эрида, Хаумеа и Макемаке). Во-вторых, экзопланеты – планеты, находящиеся вне Солнечной системы и движущиеся вокруг других звезд. По современным подсчетам только в нашей галактике возможно существование более 100 млрд экзопланет, из которых приблизительно 5–20 млрд подобны нашей Земле. На настоящее время учеными точно обнаружено 1853 экзопланеты в 1162 планетарных системах. Кроме того, и среди планет Солнечной системы, и среди экзопланет есть как газовые гиганты – планеты, обладающие невысокой плотностью, но отличающиеся солидными размерами (в Солнечной системе их четыре – Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун), так и планеты менее крупные, но зато имеющие твердую поверхность, – землеподобные планеты (в Солнечной системе их также четыре – Меркурий, Венера, Земля и Марс).

Звезды и планеты составляют планетарные системы, но кроме них вещество Вселенной представлено также диффузной материей (от лат. *diffusio* – распространение, растекание, рассеивание). Она существует в виде разобщенных атомов и молекул, а также гигантских облаков пыли и газа – газопылевых туманностей. Значительную долю материи во Вселенной занимают различные виды излучения. Следовательно, космическое межзвездное пространство никоим образом не пусто.

Итак, принимая во внимание безграничные масштабы

Вселенной и бесчисленное множество заполняющих ее мегаобъектов, вполне можно предположить, что среди колоссального количества звезд могут быть звезды, подобные нашему Солнцу, которые, так же как и оно, имеют свои спутники – экзопланеты; некоторые из них характеризуются наличием благоприятных для жизни условий. В связи с вышесказанным, не исключено, что жизнь существует не только на планете Земля, и мы не одиноки во Вселенной. Причем вполне возможно, что жизнь в бескрайних просторах космоса может существовать как в менее развитых (вирусы и бактерии) формах, чем на Земле, так и в более совершенных, например, в качестве высокоразвитых, техногенных цивилизаций. По одной из гипотез жизнь на Земле является не следствием длительной естественной биохимической эволюции, а результатом сознательной деятельности представителей высокоразвитых цивилизаций, которые планомерно доставляют «семена» жизни на планеты с подходящими для этого условиями.

§ 3. Теория Большого взрыва

Точно ответить на вопрос о происхождении Вселенной современная наука пока не может (и вряд ли будет в состоянии это сделать в ближайшее время – настолько он сложен). Однако у нее есть на этот счет более или менее обоснованные предположения. Одно из них является в настоящее

время наиболее распространенным и достаточно убедительным. Это теория Большого взрыва, которая говорит нам о том, что около 13,8 млрд лет назад Вселенная была невероятно малых размеров. Все бескрайнее невообразимое пространство нынешнего космоса было сосредоточено в одном единственном предельно сжатом объекте, размером меньше атома. Конечно, в нем не было ни звезд, ни планет, ни всего прочего, ныне существующего в природе. Но в этом первоначальном микрообъекте, который ученые называют сингулярностью (от лат. *singularis* – один, единственный), было заложено, содержалось в потенции (неявно, представляло собой возможность) все бесконечное многообразие нашей Вселенной. Точно так же, как и большое дерево с многообразием своих форм потенциально содержится в маленьком зернышке. И вот приблизительно 13,8 млрд лет назад этот крошечный сингулярный объект начал очень резко расширяться с огромной скоростью, вероятно, близкой к скорости света. Так родилась наша Вселенная. А момент начала этого расширения и принято называть в науке Большим взрывом. Почему произошел Большой взрыв – не известно. Возможно, решающую роль здесь сыграли колоссальная плотность и энергия сингулярного объекта, а может быть, причиной стало столкновение или иного рода взаимодействие этого микрообъекта с другим, подобным ему.

Также возможно, что 13,8 млрд лет назад Вселенная была не крошечной сингулярностью, а вакуумом. Это слово пе-

реводится с латинского как «пустота». Однако вакуум – это не абсолютное ничто, не небытие. Чтобы подчеркнуть это, часто употребляют понятие физического вакуума, который представляет собой особое состояние материи. Говоря просто, физический вакуум – это такое ничто, в котором потенциально, скрыто, неявно содержится все. Он способен внезапно и резко перестраивать свою структуру, то есть меняться, переходить из одного состояния в другое. Такие переходы называют фазовыми. В результате одного из фазовых переходов физического вакуума он из пустоты (ничего) превратился во Вселенную (все). И этот решающий переход также принято называть Большим взрывом.

Какой бы ни была Вселенная по различным представлениям изначально – сверхплотным микрообъектом или физическим вакуумом, произвольно возникает вопрос: а что существовало до этого микрообъекта или вакуума, а также: что находилось вокруг того и другого, или иначе, где была эта сингулярность или этот вакуум? Такого рода вопросы отпадут, если мы вспомним про теорию относительности. Ее основной идеей является утверждение о том, что материя, пространство и время – это не разные вещи, а, по большому счету, одно и то же и не существуют друг без друга. Когда мы спрашиваем, что было до сверхплотного микрообъекта или вакуума, то автоматически предполагаем, что время существовало само по себе, еще до появления материи. Когда мы спрашиваем, где существовал сверхплотный мик-

рообъект или вакуум, то автоматически предполагаем, что пространство существовало само по себе, еще до появления материи. Вспомним, Эйнштейн показал, что не может быть никакого пространства и времени без, помимо или вне материи. А это значит, что спрашивать о том, где находился сингулярный микрообъект или вакуум, равно как и о том, что существовало до того или другого, нельзя, потому что, если до взрыва не было материи, то не было ни пространства со временем, ни гравитации и других фундаментальных взаимодействий, ни даже света. Все это возникло в момент Большого взрыва, в момент рождения нашей Вселенной.

Первым исследователем, который еще в 1922 г. предсказал расширение Вселенной, предложив тем самым нестационарную космологическую модель, и высказал предположение о том, что в самом начале развития Вселенной произошел мощнейший взрыв, был отечественный математик и геофизик Александр Фридман. В 1927 г., независимо от него, другой исследователь – бельгиец Жорж Леметр выдвинул аналогичную идею возникновения Вселенной и ее дальнейшего расширения из точки. Задача формирования более конкретной, физически разработанной, эволюционной космологической модели расширяющейся Вселенной была решена в основном американским физиком русского происхождения Джоржем (Георгием) Гамовым, который впервые предложил в 1946 г. теорию, получившую впоследствии наименование «теория Большого взрыва».

Надо также отметить, что эта концепция не является только умозрительным предположением. Конечно, по вполне понятным причинам, прямых доказательств того, что она описывает реальное положение вещей, нет. Однако существуют аргументы, подтверждающие ее косвенно. Еще в 1929 г. американский астроном Эдвин Хаббл обнаружил так называемое красное смещение или, иначе говоря, заметил, что свет далеких галактик несколько краснее ожидаемого, то есть их излучение таково, что спектральные линии смещаются в красную сторону спектра. Еще раньше было установлено, что когда некое тело удаляется от нас, то его излучение смещается в красную сторону спектра (красное смещение), а когда оно, наоборот, приближается к нам, то его излучение смещается в фиолетовую сторону спектра (фиолетовое смещение). Это одно из проявлений эффекта Доплера – изменение частоты и длины волн любой природы (не важно, о чем идет речь: о свете или о звуке), регистрируемых приемником, вызванное движением их источника и/ или движением самого приемника. Попросту говоря, суть этого эффекта в следующем: если к нам приближается некий объект, то звук, им издаваемый, кажется нам выше, а его светимость (даже если это не фиксируется невооруженным глазом) смещается в красную сторону спектра (объект светится больше красным); если же объект удаляется, то его звучание кажется нам более низким, а светимость смещается в фиолетовую сторону спектра (объект светится больше сине-фио-

летовым). Открытое Хабблом красное смещение свидетельствовало в пользу того, что галактики удаляются от нас и друг от друга с огромными скоростями, то есть как то ни удивительно, в настоящее время Вселенная расширяется, причем одинаково во всех направлениях, то есть взаимное расположение космических объектов не меняется, а изменяются только расстояния между ними. Точно так же, как не меняется расположение точек на поверхности воздушного шара, но меняются расстояния между ними, когда его надувают. Но если Вселенная расширяется, то обязательно возникает вопрос: а какие же силы сообщают разбегающимся галактикам начальную скорость и дают необходимую энергию. Современная наука предполагает, что исходным моментом и причиной нынешнего расширения Вселенной был Большой взрыв.

Другим косвенным подтверждением теории Большого взрыва является открытое в 1965 г. Арно Пензиасом и Робертом Вильсоном реликтовое излучение (от лат. *relictum* – остаток) Вселенной. Это излучение, остатки которого доходят до нас из того далекого времени, когда ни звезд, ни планет еще не было, а вещество Вселенной было представлено однородной плазмой, которая имела колоссальную температуру. Таким образом, раньше Вселенная была намного более теплой, чем в настоящее время. Причиной столь высокой ее температуры в отдаленном прошлом мог быть Большой взрыв.

Однако, несмотря на приведенные доказательства, у современных ученых нет возможности с максимальной степенью достоверности утверждать, что наша Вселенная возникла именно в результате Большого взрыва. И не известно, появится ли такая возможность в будущем. Но открытым остается (и, вероятнее всего, останется) вопрос не только о том, как и когда появилась Вселенная, но и о том, как она эволюционировала, самоорганизовывалась.

§ 4. Этапы эволюции Вселенной

Поскольку третья научная картина мира рассматривает Вселенную как результат глобальной мировой эволюции, то важной задачей науки является установление механизма или движущих сил этой эволюции. Современное естествознание описывает все большее количество явлений природы с помощью синергетической интерпретации. Вселенная в целом также поддается подобного рода объяснению, являясь самой большой материальной системой из всех возможных. По современным научным представлениям она эволюционировала от простейшего состояния к все более сложному, прошла в своей самоорганизации огромное количество этапов.

Наиболее крупными вехами космической эволюции были следующие. Примерно 13,8 млрд лет назад произошел Большой взрыв, запустивший процесс эволюции Вселенной. Всего лишь через одну сотую секунды после взрыва Вселенная

имела температуру порядка 100 млрд градусов и была заполнена так называемой кварк-глюонной плазмой, то есть ее вещество состояло тогда лишь из двух видов фундаментальных частиц – из кварков и глюонов. Под действием гравитации и невообразимо высоких температур в новорожденной Вселенной стали появляться фотоны, а затем и другие элементарные частицы и их античастицы, среди которых преобладали электроны, позитроны, нейтрино, а также протоны и нейтроны. В конце первых трех минут после взрыва температура вещества Вселенной, непрерывно снижаясь, достигла примерно 1 млрд градусов. При этой все еще очень высокой, но уже не такой большой, как сразу после взрыва, температуре стало возможным образование атомных ядер, и в первую очередь появились ядра атомов водорода, а позже – сами атомы водорода. А около 12,7 млрд лет назад опять-таки под действием гравитации и высоких температур водород смог собраться в огромные плазменные шары – звезды первого поколения. В их недрах путем термоядерного синтеза образовались все химические элементы, вплоть до железа, а в результате их разрушения – все вещество современной Вселенной. Поэтому можно сказать, что во всем, что нас окружает, да и в каждом из нас живут частички давным-давно погибших звезд. На месте взрывов звезд первого поколения образовались новые звезды, сгруппировавшиеся в галактики. А около 4,8 млрд лет назад появилось межзвездное облако, из которого родилось Солнце и окружающие его

планеты.

Первые гипотезы о происхождении Солнечной системы были выдвинуты в разное время независимо друг от друга немецким философом Иммануилом Кантом и французским ученым Пьером Лапласом. Их предположения вошли в науку в качестве некоей коллективной космогонической гипотезы Канта – Лапласа. Космогония (от греч. *kosmos* – мир, или Вселенная, и *genesis* – рождение, происхождение) – это наука о происхождении и эволюции как Вселенной, так и ее отдельных объектов. По гипотезе Канта – Лапласа Солнечная система образовалась из огромной газовой-пылевой туманности, находившейся во вращательном движении, в результате которого в ее центре возникло сгущение, позже превратившееся в Солнце. Продолжение вращательного движения привело к образованию вокруг Солнца других сгущений, ставших впоследствии планетами.

Иную гипотезу высказал в прошлом столетии английский физик Джеймс Джинс. По его предположению Солнце некогда столкнулось с другой звездой, в результате чего из него была вырвана струя газа, которая, остывая и сгущаясь, преобразовалась со временем в планеты. Однако колоссальные расстояния между звездами делают такое столкновение маловероятным. Кроме того, Солнечная система характеризуется упорядоченным устройством: все планеты движутся вокруг Солнца в одном и том же направлении и находятся почти в одной и той же плоскости, каждая планета удалена

от Солнца примерно в два раза дальше, чем предыдущая. Учитывая эти закономерности строения Солнечной системы, трудно предположить, что планеты являются осколками космической катастрофы.

Позже была предложена еще одна гипотеза, которую выдвинули шведский физик Ханнес Альфвен и английский физик Фред Хойл. Они утверждают, что первоначальное газовое облако, из которого образовались Солнце и планеты, было сильно ионизированным (состояло из ионов), и поэтому было подвержено влиянию электромагнитных сил. После того как из огромного газового облака посредством концентрации (сгущения) образовалось Солнце, на очень большом расстоянии от него остались небольшие части этого облака. Гравитационная сила стала притягивать остатки газа к образовавшейся звезде – Солнцу, но его магнитное поле остановило падающий газ на различных расстояниях – как раз там, где сейчас находятся планеты. Гравитационная и электромагнитная силы привели к сгущению этого газа, в результате чего образовались планеты. Все высказанные идеи относительно происхождения Солнечной системы носят гипотетический характер. Назвать какую-либо из них достоверной (точной) современная наука не в состоянии. Дальнейшее исследование космогонических проблем остается делом будущего.

Так или иначе, наша Земля образовалась примерно 4,6 млрд лет назад. Приблизительно 3,8 млрд лет назад на

нашей планете зародилась жизнь. Около 450 млн лет назад появились растения, а примерно

150 млн лет назад – млекопитающие животные. Приблизительно 2 млн лет назад начался антропогенез (от греч. *anthropos* – человек и *genesis* – происхождение) – эволюция человека. Около 40 тыс. лет назад, как мы уже знаем, появился человек разумный, или *homo sapiens*.

Таковы основные этапы эволюции Вселенной в наиболее обобщенном виде. Понятно, что все указанные временные рамки являются приблизительными. Дальнейшее развитие науки будет все более прояснять и уточнять картину ее грандиозной истории. Однако ученые не только стремятся разгадать загадку возникновения и эволюции Вселенной, но и пытаются предсказывать ее будущее. На сегодняшний день астрономические наблюдения позволяют утверждать, что Вселенная продолжает расширяться, но что же случится в будущем, пусть даже и очень отдаленном, продолжится ли ее расширение? На этот вопрос современная наука дает следующие варианты ответов.

Во-первых, если скорость расширения Вселенной будет увеличиваться, то наступит время, когда гравитация уже не сможет противостоять силе, обеспечивающей это расширение. Эту силу иногда называют антигравитацией. Такое положение вещей приведет к тому, что сначала распадутся метагалактики, а вслед за ними и галактики, и звездные скопления, и звездные системы. В дальнейшем и электромагнит-

ная сила уже не будет способна сохранять как планеты, так и все объекты макромира от распада на отдельные атомы. И возможно, что в итоге сами атомы, а затем и их ядра также распадутся на субатомные частицы, причем последние разлетятся на невообразимо огромные расстояния друг от друга.

Во-вторых, есть вероятность того, что сила гравитации может когда-нибудь возобладать над силой антигравитации. В этом случае Вселенная сначала остановится, а потом начнет постепенно сжиматься. На первых порах это сжатие не будет особо заметным и почти не отразится ни на галактиках, ни на звездах, ни на их системах. Но наступит момент, когда Вселенная уменьшится настолько, что все ее галактики соберутся в одну единственную метagalaktiku, а затем под воздействием ее же огромной гравитации начнется процесс ее коллапсирования, ее дальнейшего сжатия и разрушения всего того, что в ней находится. И в конце концов, вся материя во Вселенной соберется в массивные «черные дыры», а они, в свою очередь, сольются в единый крошечный, но при этом супермассивный объект – в сингулярность Большого сжатия. Что же случится дальше – предсказать невозможно, но не исключено, что этот объект снова начнет резко расширяться, то есть произойдет еще один Большой взрыв, в котором родится новая Вселенная (такую модель ученые называют «пульсирующей Вселенной»).

Наконец, не следует исключать и того, что когда-нибудь

сила гравитации и сила антигравитации уравновесят друг друга. Вселенная замрет, все процессы в ней остановятся, все изменения, в частности движения, прекратятся. В ней вообще не будет более происходить никакого обмена энергией. Вспомним, что энергией в науке называется способность физического объекта совершать работу, то есть перемещать массу на определенное расстояние, воздействуя на эту массу с определенной силой. У энергии есть три весьма существенных свойства: во-первых, она может проявляться в разных видах (кинетическая – энергия движения, тепловая как разновидность кинетической, потенциальная, электромагнитная, энергия массы и др.); во-вторых, эти виды взаимосвязаны и способны переходить друг в друга; в-третьих, при любых процессах в замкнутой физической системе совокупная энергия остается постоянной – не увеличивается и не уменьшается, но может перейти в работу (закон сохранения и превращения энергии). Если в последнем случае речь идет о тепловой энергии, связанной с движением атомов и молекул, из которых, как Вы знаете, состоят все физические объекты нашей Вселенной, то закон ее сохранения и превращения называется первым началом термодинамики (греч. *thermos* – теплый и *dynamis* – сила). Если же атомы и молекулы получают энергию извне, они начинают колебаться и двигаться быстрее, вследствие чего физическое тело нагревается. Но если такого притока нет (например, в замкнутой системе), то и молекулы и атомы постепенно замедляют свое

движение (энергия, которая у них была, постепенно переходит в работу, то есть тратится на их движение), а тело соответственно остывает. При этом самопроизвольная передача тепловой энергии от холодного тела к горячему не возможна (не холодное тело охлаждает тело горячее, а наоборот – горячее тело нагревает холодное) – это второе начало термодинамики. Оно же говорит нам и о том, что в замкнутой системе энтропия не может убывать. Энтропией ученые называют меру необратимого рассеивания энергии, то есть меру перехода энергии упорядоченных процессов (например, кинетической или электромагнитной) в энергию неупорядоченных процессов, и в итоге – в тепловую. Наша Вселенная как раз и есть такая замкнутая система – обмениваться энергией ей просто не с чем, поэтому она будет стремиться к наиболее вероятному равновесному состоянию – состоянию с максимальной энтропией, при котором все виды энергии преобразуются в энергию тепловую. Температура вещества по всей Вселенной уравнивается, и наступит так называемая «тепловая смерть Вселенной».

Сбудется ли какой-либо из приведенных сценариев – не известно. Все это лишь гипотезы, не подкрепленные необходимым количеством фактов. Конкретного же ответа на вопрос о дальнейшей судьбе нашей Вселенной современная наука дать не может.

Поговорим о прочитанном

1. Какие черты характеризуют современную естественно-научную картину мира? Что такое релятивизм?
2. Что такое глобальный эволюционизм? Каким образом он связан с антимеханицизмом современного естествознания?
3. В чем состоит суть антропного принципа?
4. Что такое синергетика? Какую роль она играет в современном естествознании? Раскройте содержание таких понятий синергетики, как «точка бифуркации» и «точка флуктуации».
5. Каковы основные объекты мегамира? Что представляют собой звезды? Как они образуются, какие физические процессы в них происходят? Почему звезды часто называют «кузницей атомов» или «кузницей химических элементов»?
6. Что такое галактики? Каковы основные характеристики нашей галактики? Чем является видимый нами на ночном небосводе Млечный путь? Что называется метагалактикой? Являются ли понятия «метагалактика» и «Вселенная» тождественными?
7. В чем заключаются основные различия между звездами и планетами? Какие типы планет существуют во Вселенной?
8. Как отвечает современная наука на вопрос о происхождении Вселенной? Что представляла собой Вселенная на мо-

мент Большого взрыва, согласно основным научным предположениям? Существовали ли пространство и время до Большого взрыва по современным представлениям? Каковы основные косвенные подтверждения теории Большого взрыва?

9. Какие основные этапы прошла эволюция Вселенной по современным научным представлениям? Какие гипотезы о происхождении Солнечной системы были высказаны в науке?

10. Какие концепции дальнейшего существования Вселенной предлагает современная наука?

Часть 3. Общая характеристика концепций микромира

§ 1. Атом: история открытия и первые модели

На рубеже XIX–XX вв. в естествознании произошел грандиозный прорыв, коренным образом изменивший представления человека об окружающей его действительности. Ученым-физикам удалось проникнуть в удивительный мир сверхмалых объектов – мир атомов и элементарных (субатомных) частиц (микромир или, как его еще называют – атомный и субатомный мир), разительно отличающийся от привычного для нас макромира. Конечно, о существовании этой области реальности люди догадывались и ранее. Вспомним хотя бы натурфилософские построения древнегреческого мыслителя Демокрита, которому мы обязаны появлением самой идеи атомарного устройства мироздания. Однако в то время эта гениальная догадка носила лишь умозрительный характер и не была, да и никак не могла быть подтверждена экспериментально.

Об атомах на долгое время забыли, а вспомнили лишь в начале XIX в., когда началось формирование основ совре-

менной химии. Именно ученые-химики первыми установили, что в результате различных химических реакций ряд веществ распадается на более простые компоненты. К примеру, вода под воздействием электрического тока разделяется на водород и кислород. Однако последние (а также некоторые другие вещества) разделению на составляющие путем химических реакций не поддаются. Такие вещества ученые назвали химическими элементами. К началу XIX в. их было открыто около 30 (на сегодняшний день науке известно более 110 химических элементов, как обнаруженных в природе, так и искусственно созданных в лабораторных условиях). Помимо того было обнаружено, что в процессе химических реакций количественное соотношение веществ, в них задействованных, не изменяется.

Впервые объяснение этих фактов с точки зрения атомарного строения вещества было дано Джоном Далтоном. В работе «Новая система химической философии» (1808 г.) он высказал предположение, что каждому химическому элементу соответствует уникальный для него атом и что соединение в различных пропорциях этих атомов приводит к образованию наблюдаемых в природе химических веществ. Однако атомы представлялись Далтону как неделимые, невидимые человеческому глазу шарики. Семью годами позже малоизвестный английский химик Уильям Праут анонимно опубликовал статьи, в которых высказал оригинальные для того времени гипотезы: во-первых, все химиче-

ские элементы состоят из мельчайших частичек – атомов, а во-вторых, атомы всех веществ могут образовываться путем конденсации из водорода. И хотя эти предположения не вписывались в господствующую в то время классическую механику, и второе из них очень скоро было справедливо опровергнуто, они оказали серьезное влияние на дальнейшее развитие науки.

Первые же экспериментальные результаты, раз и навсегда решающие вопрос в пользу реального существования атомов, были получены не в области физики или химии, а в сфере биологии ботаником Робертом Броуном в 1827 г. Изучая поведение цветочной пыльцы под микроскопом, он обнаружил, что отдельные ее споры совершают абсолютно хаотичные импульсные движения, которые не связаны ни с завихрениями, ни с испарением воды. Броун установил, что подобное хаотичное движение свойственно не только частичкам пыльцы растений, но и вообще любым микроскопическим объектам. Однако интерпретировать полученные данные он не смог. Достойное объяснение этому явлению было дано лишь в 1905 г. Альбертом Эйнштейном, который утверждал, что взвешенная в воде микрочастица подвергается постоянной «бомбардировке» со стороны хаотично движущихся молекул воды. И этот феномен служит наилучшим экспериментальным подтверждением молекулярной и атомистической теории строения вещества.

Еще до открытия Эйнштейна во второй половине XIX в.

в научных кругах возникла серьезная полемика, связанная с проблемой атомистической концепции. С одной стороны, такие авторитетные ученые и философы, как, например, Эрнст Мах, утверждали, что атомы являются ничем иным, как просто математическими функциями, «полезными математическими условностями», удачно описывающими наблюдаемые в природе явления, но реальным существованием не обладающими. С другой – ученые нового поколения, в частности, Людвиг Больцман, настаивали на том, что атомы представляют собой физические реалии. А уже к концу XIX в. были получены неоспоримые свидетельства того, что атомы не только реально существуют, но и не являются пределом делимости вещества, обладая своей сложной структурой.

Поворотным моментом в истории раскрытия тайн микромира стало открытие Джоном Томсоном в 1897 г. электрона и создание им первой модели, описывающей структуру атома. С его точки зрения, атом представляет собой положительно заряженную массу-сетку, в которую вкраплены электроны, подобно тому, как изюм вкраплен в пудинг. Причем положительный заряд атома равен сумме отрицательных зарядов всех электронов, в силу чего атом электрически нейтрален. Эта модель получила условное и немного шутливое название «пудинг с изюмом». Открытие Томсона явилось первым прямым подтверждением того, что атомы не просто существуют, но и отнюдь не являются простейшими «кирпичиками» мироздания, они имеют свою структуру и состоят

из еще более маленьких объектов – частиц, которые позднее были названы элементарными (от лат. *elementarius* – первоначальный, простейший).

Свою лепту в новую атомистическую теорию внесло и сделанное в 1896 г. французским физиком Антуаном Анри Беккерелем открытие явления испускания солями урана неизвестного до той поры излучения, способного проникать через непрозрачные для света преграды и вызывать почернение фотоэмульсии. Впоследствии с легкой руки Марии Склодовской-Кюри это явление было названо радиоактивностью (от лат. *radiare* – испускать лучи и *activus* – деятельный) и, как выяснилось позднее, было связано с нестабильностью атомных ядер ряда химических элементов, их способностью самопроизвольно превращаться в ядра других химических элементов.

Так представление о неделимости атома ушло в историю. А спустя десять с небольшим лет в физике произошел очередной прорыв. В 1911 г. Эрнест Резерфорд провел серию экспериментов, которые позволили заглянуть внутрь атома и получить представление о его устройстве. Он установил, что большая часть массы атома сосредоточена в невероятно плотном объекте, расположенном в его центре. А вся остальная часть атома оказывалась на много порядков менее плотной, нежели это представлялось раньше. В этом же центральном объекте, который ученый назвал ядром атома, сосредоточен и весь его положительный электрический заряд. Мо-

дель атома, предложенная Резерфордом, была названа планетарной в силу своего сходства с известной нам моделью Солнечной системы: в центре его находится положительно заряженное ядро, вокруг которого по разным круговым орбитам движутся отрицательно заряженные электроны. Вместо сил тяготения, действующих в Солнечной системе, в атоме действуют силы электромагнитные: положительный заряд атомного ядра уравнивается суммой зарядов электронов, поэтому атом электрически нейтрален. Итак, у Резерфорда получилось, что каждый атом – это целый сложно устроенный мир, только очень малых размеров.

После того как эмпирическим путем было установлено существование не только атома, но и некоторых элементов его структуры, ученым-физикам, естественно, захотелось объяснить те явления и процессы, которые происходят с атомами и внутри них. И первое, что они сделали, – это попытались применить к описанию микромира законы классической механики. Но здесь их ждало разочарование. Оказалось, что и атомы, и составляющие их частицы категорически отказываются подчиняться этим законам, что процессы, происходящие в микромире, в отличие от ряда процессов макромира, невозможно объяснить с точки зрения механических взаимодействий. Да и моделям, создаваемым для описания объектов макромира, нет места в мире атомов. К примеру, по всем канонам механики того времени атом, описанный посредством планетарной модели Э. Резерфорда,

может существовать лишь крохотную долю секунды. Дело в том, что электрон, находящийся на орбите, движется с ускорением, а, исходя из уравнений Дж. К. Максвелла, он должен излучать электромагнитные волны, следовательно, терять энергию и очень скоро покинуть свою орбиту и упасть на ядро. Но к счастью, на деле это не так: реальные атомы могут существовать миллионы и даже миллиарды лет. Кстати, забегая вперед, отметим, что разрешить проблему с электроном, падающим на ядро, и направить науку по новому пути понимания структуры атома смог датский физик-теоретик Нильс Бор. Но об этом чуть позже.

Итак, возникла необходимость создания новой механики, да и новой физики в целом. Что вскоре и случилось. Вообще, надо сказать, что отправной точкой в возникновении и последующем развитии этой новой физики стало 14 декабря 1900 г. – день, когда немецкий ученый Макс Планк выступил на заседании Физического общества Берлинской академии наук с докладом, опровергшим привычное и незыблемое для классической физики положение о непрерывности любой энергии. Именно с этого дня и началась удивительная история новой научной дисциплины – квантовой физики. Но почему «квантовой», откуда такое название? Большую часть своей жизни Планк посвятил изучению теплового излучения и в результате пришел к ошеломляющему выводу: при излучении энергия отдается или поглощается не непрерывно и не в любых количествах, а небольшими и неделимыми порци-

ями, которые он назвал квантами (от лат. *quantum* – сколько). Квант – это порция энергии. Вдумайтесь в это словосочетание. Его первая часть – слово «порция» – подразумевает нечто определенное, ограниченное, вещественное, имеющее некие размеры, то есть частицу или корпускулу. Вторая часть – слово «энергия» – подразумевает нечто непрерывное, безразмерное, невещественное, то есть поле. Стало быть, квант – это такой объект, в котором совпадают или одновременно представлены и вещество, и поле. Эта концепция получила название корпускулярно-волнового дуализма. Однако доказать посредством эксперимента истинность своего открытия Планк не мог.

В научных кругах того времени его революционная идея была воспринята без особого энтузиазма и лишь как теоретическая игра. Да и сам ученый сначала полагал, что кванты – это лишь удобная математическая модель, а не физическая реальность. Но спустя всего лишь пять лет ситуация коренным образом изменилась. Произошло это после публикации А. Эйнштейном статьи, в которой он объяснял фотоэлектрический эффект (явление выбивания светом электронов с поверхности токопроводящих материалов), основываясь на идее квантования (разделения на кванты) энергии излучения.

Эйнштейн утверждал, что свет распространяется квантами, то есть энергетическими порциями, которые были названы им фотонами (от греч. *photos* – свет). С одной сторо-

ны, фотон – это именно порция энергии, и поэтому является своего рода частицей или корпускулой, а с другой стороны, фотон – это порция именно энергии, и поэтому является своего рода волной. Свет по Эйнштейну – это поток энергетических зерен, световых квантов или своеобразный фотонный дождь. Причем для того, чтобы выбить один электрон, достаточно только одного фотона. Все это убедительно подтвердило идею Эйнштейна, что свет ведет себя не только как волна, но и как поток корпускул. В опытах по дифракции и интерференции проявляются его волновые свойства, а при фотоэффекте – корпускулярные. Фотонная теория Эйнштейна относится к наиболее экспериментально подтвержденным физическим теориям и актуальна в науке до сих пор. Теперь теоретические построения Планка стали восприниматься как описание реального физического явления на субатомном уровне, доказывающее квантовую природу энергии. За свои гениальные открытия в области новой физики как М. Планк, так и А. Эйнштейн были удостоены Нобелевской премии.

Следующим шагом в развитии квантовой механики стали работы уже упомянутого нами Нильса Бора, который применил идеи Планка и Эйнштейна к состоянию электронов на атомных орбитах и тем самым усовершенствовал модель атома, предложенную Э. Резерфордом. Произошло это в 1913 г. В ходе своих исследований Бор установил, что электрон не способен находиться на любом произвольном удалении от

ядра атома, напротив – он может существовать только на определенных фиксированных орбитах, которые Бор назвал «разрешенными». При этом электроны вполне могут путешествовать по этим разрешенным орбитам – с одной на другую. Как и большинство явлений в микромире, наглядно представить этот процесс достаточно сложно. Фокус в том, что в этом необычном путешествии электрон не движется по пространству между разрешенными орбитами вниз – вверх, как, например, мы поднимаемся или опускаемся на лифте с одного этажа на другой, а исчезает с одной орбиты и в тот же миг возникает на другой. Говоря научным языком, он совершает «квантовый скачок», или «квантовый прыжок». При этом если электрон перемещается ближе к ядру – на более низкую разрешенную орбиту, он излучает квант энергии. Для того же, чтобы перескочить на более высокую орбиту, электрону, наоборот, необходимо квант энергии поглотить. Пока же электрон не меняет своей орбиты, он никакой энергии не излучает и не поглощает, находясь в так называемом стационарном состоянии.

В 1920-х гг. во взглядах Н. Бора произошла серьезная эволюция, исходным пунктом которой стало принятие им концепции корпускулярно-волнового дуализма и возможности ее применения к объектам микромира. Справедливости ради надо заметить, что идея двойственной (волновой и корпускулярной) природы субатомных частиц была предложена в двух статьях 1922 и 1924 гг. французским физиком Луи де

Бройлем. Эйнштейну, кстати, она не только понравилась, но и показалась весьма продуктивной. Поддержал ее и Эрвин Шрёдингер. На момент своего возникновения эта концепция, подбирая аналогии из классической физики, являлась удобным способом объяснения поведения квантовых объектов. На деле же объекты микромира не являются ни волнами, ни частицами в их классическом понимании, приобретая свойства первых или вторых лишь с некоторой долей приближенности. Более того – не частица сама по себе обладает свойствами и вещества и поля, а мы воспринимаем ее как обладающую указанными свойствами.

Но вернемся к Н. Бору. На основе осмысления концепции соотношения неопределенностей, созданной Вернером Гейзенбергом (она будет рассмотрена чуть ниже), он сформулировал свой знаменитый принцип дополнительности, ставший одним из краеугольных камней в квантовой механике. В соответствии с этим принципом, для того чтобы максимально полно описать то или иное явление мира атомов и элементарных частиц во всей его целостности, получить о нем, как говорят, исчерпывающую информацию, следует использовать два взаимоисключающих, но при этом и дополняющих друг друга набора классических понятий (в квантовой механике – это пространственно-временное и энергетически-импульсное описание). То есть для того чтобы дать полную характеристику, например, электрону, надо, с одной стороны, определить, где он находится в конкретный момент

времени, а с другой – каков его импульс (произведение его массы на скорость) и какое количество энергии он испускает или поглощает в этот же самый момент, а потом полученную информацию объединить в единое описание этого самого электрона. При этом все зависит не от того, чем является этот электрон (или какая-то другая частица) на самом деле, а от того, с какой стороны мы подходим к его изучению: если мы измеряем его свойства как частицы, мы видим, что он ведет себя как частица. Если же мы измеряем его волновые свойства, для нас он ведет себя как волна. Одновременно сделать и одно, и другое не получится. Так уж замысловато устроены и мир атомов и элементарных частиц, и наше его восприятие.

Об этом говорит еще один уже упомянутый нами и очень важный для описания атомного и субатомного мира принцип, предложенный Вернером Гейзенбергом все в том же 1927 г. – принцип неопределенности (математическое его выражение называется «соотношениями неопределенностей Гейзенберга»). Суть этого принципа состоит в следующем: у частицы не могут быть одновременно точно измерены и пространственные координаты, и импульс. Иными словами: если в выбранный момент времени мы точно знаем, где частица находится, то определить, с какой скоростью она перемещается в этот же момент времени, мы уже не сможем, и наоборот. По отдельности можно добиться очень высокой точности, но вот одновременно это не возможно. Почему же так

происходит? А дело вот в чем: в привычном для нас макром мире при измерении положения любого объекта в пространстве и скорости его движения мы на этот объект почти не воздействуем, а если и воздействуем (например, направляем на него луч света), то настолько незначительно, что это совершенно не сказывается на результате измерений. То есть мы способны одновременно и очень точно (с неопределенностью равной нулю) установить и координаты этого объекта, и с какой скоростью он перемещается. Но в микромире любая попытка измерения приводит к необратимому воздействию на систему инструментами этого измерения. Если мы захотим измерить местоположение частицы, нам понадобится направить на нее другие частицы (например, фотоны), а столкновение с ними неизбежно изменит ее скорость, причем изменит непредсказуемо.

Надо сказать, что одним из следствий принципа неопределенности стало представление о Вселенной как о наборе вероятностей, возможностей. Получалось, что процессы, происходящие в ней, не так уж и детерминированы (обусловлены и предсказуемы), как думали еще классики естествознания. Такое положение вещей не только удивило, но даже повергло в шок ученых – современников Гейзенберга. Знаменитое высказывание А. Эйнштейна «Бог не играет в кости» было связано с его критикой принципа неопределенности и попыткой вернуть мирозданию столь привычную и удобную детерминированность. Эйнштейн утверждал, что если мы не

можем предсказать какие-либо процессы, происходящие в микромире, то это еще не значит, что эти процессы ничем не обусловлены. Все дело в нашей пока еще неспособности эту обусловленность обнаружить. Он считал, что в квантовой механике существуют скрытые переменные, лежащие в основе наблюдаемых вероятностей.

А. Эйнштейна поддерживал и Э. Шрёдингер, проиллюстрировавший своим знаменитым мысленным экспериментом «Кошка Шрёдингера» неполноту квантовой механики при переходе от субатомных систем к макроскопическим. Суть его заключается в следующем: допустим, что у нас есть ящик и кошка. В ящике имеется механизм, содержащий ядро атома радиоактивного элемента и счетчик Гейгера (устройство для обнаружения радиации и измерения ее уровня), связанный с капсулой с ядовитым газом. Параметры эксперимента таковы, что вероятность распада ядра за 1 час составляет 50 %. Кошка помещается в ящик, крышка ящика закрывается. Если ядро распадается, счетчик Гейгера срабатывает, открывается емкость с газом, кошка погибает. Если распада не произойдет, то кошка остается живой. Но пока ящик закрыт, мы ничего не знаем о состоянии кошки. Согласно квантовой механике, если над ядром атома не производится наблюдение, то его состояние описывается смещением двух состояний – распавшегося ядра и нераспавшегося ядра (это так называемый принцип суперпозиции), следовательно, кошка, сидящая в ящике и олицетворяющая

собой ядро атома, и жива, и мертва одновременно. Если же ящик открыть, то экспериментатор может увидеть только какое-нибудь одно конкретное состояние. Иными словами, в квантовой механике нельзя узнать исходное квантовое состояние частицы (жива кошка или мертва) до того момента, когда будет проведено измерение (кошка в закрытой коробке), не проведя само измерение (не открыв коробки).

Но, увы, ни Эйнштейну, ни Шрёдингеру, ни какому-либо другому ученому вплоть до сегодняшнего дня не удалось создать эмпирически подтвержденную альтернативную теорию, избавленную от индетерминизма.

§ 2. Элементарные частицы – «кирпичики мироздания»

Итак, существование атома эмпирически подтверждено, структура его более или менее описана, принципы новой (квантовой) механики установлены. А что же дальше? А дальше следовало разобраться с тайной атомного ядра и теми силами, что действуют в микромире. Первооткрывателям микромира структура атома казалась весьма незамысловатой. Им представлялось, что все многообразие объектов во Вселенной построено всего лишь из трех видов частиц: в состав ядра атома любого химического элемента входят всего два вида частиц – протоны и нейтроны (хотя существование последних экспериментально было подтверждено

немного позже), а еще один вид частиц – электроны, которые находятся вне ядра и вращаются по своим орбитам вокруг него. Однако уже с начала 1930-х гг. ученые в ходе экспериментов по изучению объектов микромира все чаще стали сталкиваться с фактами, никоим образом не вписывающимися в рамки модели атома Резерфорда – Бора.

Оказалось, что идея с движением электронов-шариков по орбитам совершенно несостоятельна: в мир атомов и элементарных частиц она пришла из макромира, где, как уже отмечалось, работают совершенно другие законы. Орбиты с электронами пришлось заменить так называемыми распределениями вероятностей местонахождения электрона – «облаками вероятности», причем в местах, где вероятность пребывания электрона больше, «облако» более густое, а где меньше – более прозрачное. А впоследствии физики-теоретики отказались и от этой модели, так как она не могла с необходимой степенью точности описать структуру атома и происходящие внутри него процессы. Атом со всеми его элементами превратился в систему сложных математических уравнений.

Кроме того, ученые выяснили, что в атоме, кроме уже известных протона и нейтрона, постоянно возникает и исчезает огромное количество частиц, причем их взаимодействие и воздействие на уже известные частицы играют исключительно важную роль в процессах микромира. К началу 1950-х гг. открытие и изучение этих элементарных частиц и особенно-

стей их взаимодействий стало для физиков делом первостепенной важности. Для этого были сконструированы первые грандиозные установки – ускорители элементарных частиц, на которых стало возможным искусственно получать направленные, управляемые потоки частиц, двигающихся со скоростями, близкими к скорости света, и, следовательно, обладающих высокими энергиями. А уже к началу 80-х гг. прошлого века на физиков буквально обрушился поток элементарных частиц. Расщепляя атом при помощи разнообразных ускорителей, они каждый раз обнаруживали, что из него вылетают все новые и новые разновидности частиц. Лишь после нескольких лет работы этот «зоопарк частиц», как называли его сами ученые (современная наука, кстати, знает о существовании около 350 видов элементарных частиц и их античастиц), удалось хоть как-то упорядочить.

Поначалу все элементарные частицы считались неделимым пределом вещества, основой всех материальных объектов или физических тел. Но в скором времени стала понятной условность, относительность термина «элементарный», потому что выяснилось, что элементарные частицы, во-первых, вовсе не неделимы и совсем не просты, а, наоборот, представляют собой сложные микрообъекты с определенной структурой, то есть оказалось, что они никак не элементарны, и, во-вторых, их нельзя называть частицами в полном смысле этого слова. Тем не менее исторически сложившееся название используется учеными и по сей день.

Основными свойствами элементарных частиц являются масса, заряд, среднее время жизни и участие в тех или иных типах взаимодействий. Мы привыкли к тому, что у всех природных объектов есть масса, хотя бы маленькая. Но напомним, что мир атомов и элементарных частиц радикально отличается от привычного для нас макромира. И как бы странно это ни звучало, но существуют элементарные частицы, не имеющие массы, – это фотоны, глюоны и гипотетические частицы – гравитоны. Другие частицы по массе делятся на:

1) лептоны (греч. *leptos* – легкий), к которым относятся электроны, мюоны, тау-лептон и разные виды нейтрино;

2) адроны (греч. *adros* – крупный, массивный), подразделяющиеся на:

а) мезоны (греч. *mesos* – средний) – это, к примеру, пионы и каоны;

б) барионы (греч. *barys* – тяжелый), из них самыми известными широкой общественности являются протоны и нейтроны.

Существуют также особого рода «промежуточные бозоны», имеющие массу, – речь идет о W- и Z-бозонах.

Все известные частицы обладают положительным, отрицательным или нулевым электрическим зарядом. Каждой частице, кроме фотона и двух мезонов, соответствуют античастицы с противоположным зарядом, образующие антиматерию. Если частица материи и соответствующая ей частица антиматерии сталкиваются, то происходит огромный выброс

энергии, а сами частицы преобразуются в какие-либо другие частицы. Это явление физики называют аннигиляцией. Например, результатом столкновения электрона и позитрона (антиэлектрона) может стать появление двух или трех фотонов.

По времени жизни элементарные частицы делятся на стабильные (те, для которых в настоящее время распады не обнаружены) и нестабильные (те, которые самопроизвольно распадаются за определенные промежутки времени). Стабильных частиц пять: фотон, две разновидности нейтрино, электрон и протон. Именно они играют важнейшую роль в структуре макротел. Все остальные частицы нестабильны. Они существуют, начиная с около 10^{-24} с и до приблизительно 15 минут (например, свободный, то есть находящийся вне ядра атома, нейтрон распадается за $880,0 \pm 0,9$ с – это около 14,7 мин.), после чего распадаются. Причем, элементарные частицы со средним временем жизни $10^{-22} - 10^{-24}$ с называются резонансами. Вследствие короткого времени существования они распадаются еще до того, как успеют покинуть атом или атомное ядро.

По величине спина (собственный момент импульса элементарной частицы) выделяют бозоны (частицы с целым спином, например: фотон, глюон, мезоны, бозон Хиггса) и фермионы (частицы с полуцелым спином, например: электрон, протон, нейтрон, нейтрино).

Кроме того, все элементарные частицы разделяются на со-

ставные – имеющие структуру (все адроны) и фундаментальные – бесструктурные, те, которые современной науке не удалось описать как составные. К последним относятся как уже известные нам лептоны, так и те «кирпичики», из которых состоят адроны. Называются эти «кирпичики» кварками (термин позаимствован из романа Дж. Джойса «Поминки по Финнегану»), и уникальны они тем, что, во-первых, обладают дробным электрическим зарядом ($2/3$ заряда протона или $1/3$ заряда электрона), а во-вторых, не способны находиться в свободном состоянии – их невозможно отделить друг от друга. Этот феномен получил название «пленение» или «заточение» кварков. А о том, что кварки реально существуют, можно судить только по свойствам адронов, в состав которых они входят. Современная наука предсказывает три группы кварков: первая группа включает в себя верхний (протонный) и нижний (нейтронный) кварки, и именно из них состоят единственные по-настоящему «долгоживущие» адроны – протон и нейтрон; вторая группа представлена странным и очарованным кварками; и наконец, третью группу образуют красивый и истинный кварки. Существование почти всех частиц, состоящих из различных комбинаций кварков, уже подтверждено экспериментально.

К фундаментальным частицам относятся также и так называемые калибровочные бозоны – частицы, являющиеся переносчиками фундаментальных взаимодействий, то есть тех взаимодействий, которые лежат в основе всех явлений,

всех процессов, происходящих в природе. Современная наука выделяет следующие их виды: сильное, слабое, электромагнитное и гравитационное взаимодействие. А все элементарные частицы в этой связи разделяются на те, которые участвуют в этих взаимодействиях, и те, которые участвуют в некоторых из них.

Сильное взаимодействие проявляется только в микромире, происходит на уровне атомных ядер и представляет собой взаимное притяжение и отталкивание их составных частей. Оно действует на расстоянии около 10^{-13} см. Сильное взаимодействие очень прочно связывает частицы, в результате чего возникают ядра атомов – наиболее прочные объекты в природе. В этом взаимодействии участвуют все виды кварков, а значит, и все адроны, а носителями его являются такие калибровочные бозоны, как глюоны.

Слабое взаимодействие, как и сильное, проявляется только в микромире. Оно действует на расстоянии от 10^{-15} до 10^{-22} см и связано, главным образом, с распадом частиц. По современным представлениям большинство частиц нестабильно именно из-за слабого взаимодействия. «Участниками» этого взаимодействия являются и кварки, и лептоны, а передается оно W- и Z-бозонами.

Электромагнитное взаимодействие, в отличие от сильного и слабого, проявляется и в микромире, и в макромире, и в мегамире, оно играет решающую роль в структуре макро-

мира. Это взаимодействие в тысячу раз слабее сильного, но действует на огромных расстояниях. В результате него электроны и атомные ядра соединяются в атомы, атомы – в молекулы, молекулы – в макротела и т. д. В этом взаимодействии участвуют почти все фундаментальные частицы (кроме нейтрино), а переносят его фотоны.

Гравитационное взаимодействие настолько мало, что, по сути, не проявляется в микромире. Оно проявляется в макромире и, особенно, в мегамире, играя первостепенную роль в структуре последнего. Это взаимодействие не учитывается в теории элементарных частиц. Хотя некоторые ученые предполагают, что есть в природе частицы – носители данного типа взаимодействия – гипотетические гравитоны. Но экспериментально их реальное существование современной наукой не подтверждено. В космических масштабах гравитационное взаимодействие имеет решающее значение, так как представляет собой не что иное, как всемирное тяготение (взаимное притяжение огромных космических объектов). Расстояние, на котором оно действует, неограниченно.

Рассмотренная выше модель устройства и функционирования мира атомов и субатомных частиц получила название стандартной модели. На сегодняшний день эта концепция является наилучшим образом отражающей наши представления о базовом материале, из которого построена Вселенная. Она же описывает, как именно материальные объекты образуются из этих фундаментальных компонентов, а также

силы и механизмы взаимодействия между ними. Формирование стандартной модели на теоретическом уровне завершилось в середине 80-х гг. прошлого столетия после экспериментального подтверждения существования W- и Z-бозонов, а обнаружение летом 2012 г. бозона Хиггса завершило поиск предсказанных ею элементарных частиц.

§ 3. На пороге новой естественнонаучной парадигмы: возможна ли теория Великого объединения?

Как мы уже знаем, в XX в. все фундаментальные физические законы были сведены в две грандиозные теории: общую теорию относительности Эйнштейна, описывающую явления и процессы, происходящие в мегамире, и квантовую теорию, представленную стандартной моделью и интерпретирующую феномены мира атомов и субатомных частиц. Причем, эти теории никак не связаны друг с другом, используют разные математические аппараты, разные исходные положения, раскалывая единую Вселенную на две будто бы отдельные и чуть ли не противоположные друг другу области. Такое положение вещей совершенно не устраивало ученых-физиков. С момента создания А. Эйнштейном общей теории относительности ими овладела идея создать единую теорию – «Теорию всего» или, как ее еще называют, «Теорию Великого объединения», которая объединила

бы все типы взаимодействий, обнаруживаемых в природе, в единую, всеобъемлющую и непротиворечивую систему, соединив тем самым теорию относительности и квантовую физику.

Одна из таких теорий была создана в 70-е гг. прошлого века Леонардом Сасскиндом, Йохиро Намбу и Холгером Нильсеном и получила название «теория струн». В ее основе лежит идея, согласно которой основой мироздания являются не разнообразные субатомные частицы, а одинаковые вибрирующие и бесконечно тонкие (фактически одномерные), закрученные в петли волокна – так называемые струны. Причем существуют струны на очень малых расстояниях, а именно – 10^{-33} см (так называемая «длина Планка», связанная с силой гравитации, величиной квантов и скоростью света).

Любая фундаментальная частица вещества порождается отдельной струной, является своего рода «нотой», исполняемой на этой струне. А различие между частицами связано с тем, что струны совершают различные колебания – по-разному резонируют. Например, электрон представляет собой один вид колебания струны, а верхний или нижний кварк – другой. Это же относится и ко всем калибровочным бозонам, даже к гипотетической частице, переносящей гравитационное взаимодействие, – гравитону. И тем самым теория струн предлагает единый способ объяснения не только всех материальных объектов, но и всех видов взаимодействий в

природе.

Специальная теория относительности говорит нам о том, что масса и энергия связаны друг с другом прямой пропорцией: чем больше масса, тем больше энергия и наоборот. Эта идея принимается теорией струн и преобразуется в ней в следующее положение: масса элементарной частицы определяется энергией колебания ее (частицы) внутренней струны. У более массивных частиц внутренние струны вибрируют интенсивнее, их амплитуды колебаний больше, чем у менее массивных. От амплитуды колебаний струн зависят и все остальные свойства элементарных частиц.

Таким образом, в теории струн «материал» всего вещества и всех взаимодействий является одним и тем же. А Вселенная представляется как своего рода «космическая симфония», сотканная из бесчисленного количества переплетенных между собой и образующих тем самым причудливый лабиринт вибрирующих струн. И все бы хорошо, но у этой теории есть одна весьма специфическая особенность: согласно математическим вычислениям, струны способны существовать и совершать колебания различной амплитуды только в десятимерном пространстве. Если попытаться сформулировать теорию струн для меньшего числа измерений, например привычного для нас четырехмерного пространства-времени, то ничего не выйдет.

Следует отметить, что в настоящее время теория струн представляет собой часть более масштабной теории, нося-

щей название М-теории (теории мембран), которая включает в себя не только вибрирующие струны, но и такие объекты, как двумерные мембраны и трехмерные капли (также способные к колебаниям различной амплитуды), и оперирует уже одиннадцатью измерениями (десятью пространственными и одним временным). Но где же спрятаны эти добавочные измерения, почему они не доступны нашему восприятию, есть ли они вообще? Теоретики струнной концепции утверждают, что дополнительные измерения туго скручены и скрыты в складках пространства, причем струны способны наматываться на эти скрученные измерения, не переставая при этом вибрировать. Однако на сегодняшний день эмпирических данных, подтверждающих эту идею, как и собственно саму теорию мембран и, в частности, теорию струн, нет.

Наиболее сильным соперником теории струн является теория петлевой квантовой гравитации, предложенная в 70–80-е гг. XX в. И в теории относительности, и в квантовой физике, и в М-теории (в частности, в теории струн), впрочем, как и во всех более ранних физических концепциях, пространство и время считались гладкими и непрерывными. Создатели же теории петлевой квантовой гравитации (Ли Смолин, Тэд Джекобсон, Карло Ровелли и Абэй Аштекар) решили отказаться от этого традиционного для естествознания представления, предположив, что пространство, подобно материи, состоит из отдельных квантов-ячеек, причуд-

ливо соединенных друг с другом. Причем, существуют они на мельчайших гипотетически установленных расстояниях – 10^{-33} см (уже известная нам «длина Планка»), а их переплетения образуют то, что сторонники рассматриваемой теории представляют себе как спиновую сеть. Сами же кванты пространства они изображают соединенными между собой узлами.

Значения площади и объема пространства измеряются здесь в единицах, являющихся производными от «длины Планка». Наименьшая возможная площадь, отличная от нуля, равна примерно квадрату «длины Планка» (10^{-66} см²), а самый маленький отличный от нуля возможный объем – ее кубу (10^{-99} см³). Получается, что каждый кубический сантиметр пространства, согласно теории петлевой квантовой гравитации, содержит в себе около 10^{99} квантов объема. Эти частички настолько малы, что в кубическом сантиметре их оказывается больше, чем кубических сантиметров в видимой Вселенной (10^{85}).

Но не только пространство состоит из определенных квантовых единиц площади и объема, время в теории петлевой квантовой гравитации также дискретно (разделяемо). Оно существует здесь как последовательность отдельных шагов или скачков, перестраивающих спиновую сеть, превращая ее в постоянно изменяющуюся, трансформирующуюся спиновую пену. И каждый из этих квантов-шагов равен «вре-

мени Планка», а это 10^{-43} с.

Кванты-ячейки пространства-времени, причудливо переплетаясь друг с другом, не только создают все многообразие фундаментальных частиц, но и порождают все виды взаимодействий, включая и гравитационное. И если в малых масштабах пространство-время представляет собой дискретную структуру, своего рода ткань мироздания, состоящую из отдельных волокон, то на больших оно плавно превращается в привычное для нас – гладкое и непрерывное.

Но, как и для М-теории, экспериментальных данных, подтверждающих правомерность теории петлевой квантовой гравитации, на современном этапе развития естествознания не обнаружено. Однако не исключено, что человечество стоит на пороге новой научной революции в естествознании, которая приведет к формированию новой естественнонаучной картины мира, основанной на М-теории, или на теории петлевой квантовой гравитации, или на какой-нибудь другой, пока еще не сформулированной теории, в рамках которой ученые смогут объединить квантовую физику и теорию относительности.

Поговорим о прочитанном

1. Когда и кем было эмпирически подтверждено реальное существование атома? Какие открытия, сделанные в физике в конце XIX и начале XX вв., разрушили представления об атомах как о неделимых частицах вещества?

2. Что представляет собой модель атома, предложенная Дж. Томсоном? Как устроен атом согласно модели Э. Резерфорда? Почему она называется планетарной? Каким образом Н. Бор усовершенствовал эту модель? Каким атом представляется современным ученым?

3. Какое открытие было сделано М. Планком? Что такое квант? В чем проявляется его корпускулярно-волновая природа? Какую теорию света разработал А. Эйнштейн на основе представлений о квантах?

4. В чем заключаются трудности изучения микромира? Что представляет собой корпускулярно-волновой дуализм микромира? В чем заключается суть принципа дополнительности Н. Бора и принципа неопределенности В. Гейзенберга?

5. Что такое элементарные частицы? Почему возможно утверждать, что термин «элементарный» не совсем подходит для них, равно как и термин «частицы»?

6. Каковы основные свойства элементарных частиц? На какие виды они делятся в зависимости от этих свойств? Что

такое фундаментальная частица? Все ли элементарные частицы являются фундаментальными?

7. Какие типы взаимодействий существуют в природе по современным научным представлениям? Чем характеризуется каждый из них? Какие объекты в них участвуют?

8. В чем заключается основной недостаток современной естественнонаучной картины мира? Какие новые физические теории претендуют на то, чтобы стать теорией Великого объединения?

9. Каковы основные идеи М-теории и, в частности, теории струн?

10. В чем состоит суть теории петлевой квантовой гравитации?

Часть 4. Общая характеристика концепций живой природы

§ 1. Живая и неживая природа

Грандиозное многообразие окружающего нас мира распадается на две большие области: неживую и живую природу. Основные естественные науки, посвященные изучению неживой природы, – это астрономия, физика и химия. Исследованием живой природы занимается биология (от греч. *bios* – жизнь и *logos* – учение, наука). Интерес к познанию живой природы возник у человека очень давно, еще в первобытную эпоху, и был тесно связан с его важнейшими потребностями: в пище, лекарствах, одежде, жилье и т. п. Однако только в первых древних цивилизациях люди стали целенаправленно и систематически изучать живые организмы, составлять перечни животных и растений, населяющих разные регионы земли.

В настоящее время биология представляет собой целый комплекс наук о живой природе. Причем существуют различные классификации последних. Например, по объектам исследования биологические науки подразделяются на вирусологию, бактериологию, ботанику, зоологию и антропологию. По уровню организации живых объектов выделяют

ся следующие науки: анатомия, посвященная изучению макроскопического строения животных; гистология, исследующая строение тканей; цитология, изучающая клетки, из которых состоят все живые организмы. По свойствам, или проявлениям живого, биология включает в свой состав: морфологию – науку о структуре или строении живых организмов; физиологию, которая изучает их функционирование; молекулярную биологию, исследующую микроструктуру живых тканей и клеток; экологию, рассматривающую образ жизни растений и животных и их взаимосвязи с окружающей средой; генетику, которая изучает законы наследственности и изменчивости живых организмов. Все эти классификации в известной степени условны и относительны и, как Вы заметили, пересекаются друг с другом в различных пунктах. Такая многоплановость комплекса биологических наук во многом обусловлена необычайным многообразием живого мира.

К настоящему времени учеными обнаружено и описано более 1 млн видов животных, около полумиллиона видов растений, несколько сотен тысяч видов грибов, более 3 тысяч видов бактерий. Причем мир живой природы исследован далеко не полностью. Число пока еще не описанных видов живого оценивается, по меньшей мере, в 1 млн. Кроме того, огромное количество видов живых организмов давно вымерло. По современным научным данным за все время развития жизни на Земле существовало колоссальное количество различных видов живых существ – приблизительно 500 млн.

Понятно, что живая природа представляет собой качественно новый, более высокий уровень организации материи, или виток мировой эволюции, поднявшийся на необыкновенную высоту по сравнению со ступенью неживой природы. В чем же заключается столь радикальное отличие живой природы от неживой? Интуитивно все понимают, что такое живое и что – неживое. Однако при попытке определить сущность живого возникают трудности. Оказывается, ответить на вопрос о том, что такое жизнь, довольно непросто. Например, широко известно определение, предложенное немецким философом XIX в. Фридрихом Энгельсом, согласно которому жизнь – это способ существования белковых тел, важной особенностью которого является постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой. Тем не менее живая мышь, например, и горящая свеча с физико-химической точки зрения находятся в одинаковом состоянии обмена веществ с внешней средой, равно потребляя кислород и выделяя углекислый газ, но в одном случае – в результате дыхания, а в другом – в процессе горения. Данный пример показывает, что обмениваться веществами с окружающей средой могут и неживые объекты; то есть обмен веществ является хотя и необходимым, но недостаточным критерием определения жизни. То же самое можно сказать и о белковой природе живых объектов. Так американский ученый Ф. Типлер в своей книге «Физика бессмертия» говорит следующее: «Мы не хотим привязывать определение жизни

к молекуле нуклеиновой кислоты, потому что можно вообразить себе существование жизни, которая к этому определению не подходит».

Таким образом, невозможно указать только на один какой-нибудь главный или основополагающий признак, по которому различаются объекты живой природы и неживой. Поэтому современная биология при определении и описании живого исходит из необходимости перечисления нескольких принципиальных свойств живых организмов. При этом подчеркивается, что только совокупность этих свойств может дать представление о специфике жизни. К таким свойствам, или признакам, относятся следующие.

1. Живые организмы характеризуются гораздо более сложным устройством, чем неживые тела. Любой организм для поддержания своей жизнедеятельности получает энергию из окружающей среды. Большая часть организмов прямо или косвенно использует солнечную энергию.

2. Живые организмы активно реагируют на окружающую среду. Если, например, Вы толкнете камень, то он пассивно сдвинется с места, а если толкнуть животное, то оно отреагирует активно: убежит, нападет, изменит форму и т. д. Способность реагировать на внешние раздражения – это всеобщее свойство живых существ, как растений, так и животных.

3. Живые организмы могут не только изменяться, они также и усложняются. Так, например, у растения появляются новые ветви, а у животного – новые органы, значительно

отличающиеся и по внешнему виду, и по устройству от тех, которые их породили.

4. Все живое размножается. Причем потомство и похоже на родителей, и в то же время чем-то от них отличается.

5. Сходство потомства с родителями обусловлено еще одной важной особенностью живых организмов – способностью передавать потомкам заложенную в них наследственную информацию, которая содержится в генах (от греч. *genos* – происхождение) – мельчайших и очень сложно устроенных частицах, находящихся в ядрах клеток живых организмов. Генетический материал направляет развитие организма. Вот почему потомки похожи на родителей. Однако наследственная информация в процессе жизни организма, а также во время передачи несколько искажается или меняется. В связи с этим потомки не только похожи на родителей, но и отличаются от них.

6. Живые организмы хорошо приспособлены к среде своего обитания. Строение птицы, рыбы, лягушки, дождевого червя полностью соответствует тем условиям, в которых они живут. Этого никак нельзя сказать о неживых телах: камню, например, «все равно», где находиться – он может лежать на дне реки или валяться в поле, или летать вокруг Земли в качестве ее естественного спутника. Однако, если мы заставим, например, птицу жить в речных глубинах, а рыбу – в лесу, то эти живые существа, конечно же, погибнут.

Неживая природа существует на различных уровнях

сложности. Первым из них, по современным представлениям, являются кварки, из которых состоят элементарные частицы. Далее следует уровень атомов, слагаемых из элементарных частиц, затем идут уровни: молекул, макроскопических тел, мегаобъектов, галактик, скоплений галактик, метагалактик и Вселенной. Важно отметить, что каждый последующий уровень не сводится механически к предыдущему. Например, атом не является простой механической суммой образующих его элементарных частиц, а представляет собой нечто более сложное и качественно новое по сравнению с этой суммой, и поэтому никак не сводим к ней. Вспомним, одна из характерных черт третьей, или современной, научной картины мира – это антимеханицизм, в силу которого не только Вселенную в целом, но и каждый отдельный ее объект нельзя рассматривать как механическую совокупность составляющих частей.

В живой природе также можно выделить основные структурные уровни, или ступени сложности. Первый из них – это молекулярный уровень, представляющий собой предельно малые объекты живого, а именно молекулы ДНК, в которых заключена наследственная информация живых организмов. Следующий уровень является клеточным, за ним следуют органно-тканевый и организменный уровни. Далее идут популяционно-видовой и биогеоценотический, или экосистемный уровни. Биогеоценоз (экосистема) – это участок Земли со всеми живыми организмами, которые его населя-

ют, и неживой средой их обитания; говоря иначе, со всеми компонентами составляющей его живой и неживой природы. Примерами биогеоценозов, или экосистем могут служить лес, озеро, поле и т. п. Завершающей ступенью в иерархии уровней организации живого мира является биосфера, которая представляет собой всю совокупность живых организмов Земли вместе с окружающей их природной средой.

На вопрос о происхождении и эволюции неживой природы неклассическое естествознание, как мы уже знаем, отвечает с помощью гипотезы Большого взрыва. О том, каковы современные научные представления о происхождении и эволюции живой природы, речь пойдет далее.

§ 2. Теория биологической эволюции

Издавна люди пытались объяснить многообразие живого мира. На протяжении нескольких тысячелетий господствовало очень простое объяснение, которое состояло в том, что будто бы все виды организмов были созданы однажды Богом в их нынешних формах и больше никогда не изменялись. Сторонники религиозных представлений считают, что все многообразие организмов, населяющих Землю, явилось результатом божественного творения мира за шесть дней (так сказано в Библии), а любое другое предположение они, как правило, воспринимают в качестве оскорбления своей религиозной веры. Вспомним, что классическое естествознание

и неживую природу рассматривало как нечто неизменное, раз и навсегда созданное Богом. Именно под влиянием идеи о неизменности всего живого биология – наука о жизни – долгое время сводилась лишь к описанию многочисленных видов животных и растений. И действительно, если известно, откуда взялась живая природа, а также то, что она неизменна, то остается только ее описать, разбить для удобства все живое на большие группы или классы, то есть создать его классификацию. Наиболее совершенной для своего времени была классификация, созданная известным шведским ученым XVIII в. Карлом Линнеем.

Однако в том же XVIII столетии некоторые ученые в различных странах мира (например, Жорж Бюффон во Франции, Эразм Дарвин – дед Чарльза Дарвина – в Англии, Иоганн Гете в Германии, Михаил Ломоносов в России) пришли к выводу, что организмы, населяющие Землю, не неизменны, а находятся в состоянии непрерывного развития. Процесс изменения или развития называется в науке эволюцией (от лат. *evolutio* – развертывание). Такой вывод им позволили сделать обнаруженные в разных местах нашей планеты остатки животных и растений, существовавших на Земле миллионы лет назад. Эти остатки казались странными, так как они совершенно не были похожи на современные живые организмы. Из этого различия древних и нынешних форм жизни вполне можно было сделать вывод о том, что живая природа находится не в стационарном состоянии, а в эво-

люционном. Правда, также высказывались предположения о том, что найденные остатки – это не следы давно вымерших организмов, а некие предметы, которые Бог поместил в горные породы, чтобы людям было интереснее жить на свете. Однако такого рода объяснения мало что могли дать науке, и поэтому биология сосредоточилась на эволюционных идеях.

Одним из первых попытался выяснить, как происходит эволюция, известный французский биолог XVIII в. Жан Ламарк. Именно он предложил впервые термин «биология». Ламарк объяснил изменение видов живых организмов тем, что на них в значительной степени влияет окружающая среда (питание, климат и т. д.), под воздействием которой происходит формирование новых признаков, а также тем, что они передаются по наследству от одного поколения к другому, постепенно приводя, таким образом, к образованию новых видов живых организмов. Создателем стройной и развернутой теории эволюции является знаменитый английский ученый Чарльз Дарвин, который обобщил в середине XIX в. отдельные эволюционные идеи в единое учение. В 1859 г. увидела свет его знаменитая книга «Происхождение видов путем естественного отбора». С тех пор дарвиновское учение остается самым плодотворным результатом биологической мысли за все время ее существования. Правда, время от времени появляются люди, объявляющие, что Дарвин был неправ. Однако ничего достойного взамен его идей они предложить не могут. До сих пор не появилось другой,

сколько-нибудь значимой теории, которая дала бы объяснение столь обширному количеству фактов, наблюдаемых в живой природе, как это сделала эволюционная теория Дарвина. Более того, сегодня она находит все новые области применения.

Развитие любых видов живых организмов, говорит Дарвин, совершается следующим образом. Поскольку постоянно меняются условия среды их обитания (ландшафт, климат и другие), то не удивительно, что происходят различные изменения и с живыми организмами, которые приспосабливаются к новым условиям для того, чтобы выжить. То есть исчезают одни признаки, выгодные для старых условий, и появляются иные, более отвечающие новым условиям жизни. Эти признаки передаются по наследству последующим поколениям, закрепляются в них, обеспечивая выживание вида, и сохраняются до тех пор, пока изменившиеся условия среды обитания не сделают их невыгодными или губительными для жизни.

Приведем простой пример. Допустим, в некоем месте живут гусеницы серого цвета, питающиеся древесной листвой. Теперь предположим, что в это место откуда-то прилетели и обосновались в нем птицы, которые начали питаться гусеницами. Появление таких нежелательных соседей является, конечно же, значительным изменением условий обитания гусениц. Будучи серыми, они прекрасно видны на зеленых листьях деревьев и становятся легкой добычей птиц. Для вы-

живания гусениц необходимо, чтобы их окраска поменялась с серой на зеленую и стала сливаться с листьями, делая их незаметными. Если среди серых гусениц есть особи не с серой окраской, а с зеленой (что вполне возможно, так как особи даже одного вида могут значительно отличаться друг от друга), то понятно, что их шансы на выживание значительно выше. Так происходит формирование нового признака под влиянием изменившихся условий среды обитания: со временем серые сородичи зеленых гусениц погибают, а последние остаются жить и, размножаясь, передают своему потомству этот жизненно важный признак. Обратим внимание на то, что часть особей, не приспособившихся к новым условиям, погибает, а выживают, наоборот, наиболее приспособившиеся, выработавшие выгодные для жизни новые признаки, которые позволяют им не только выжить самим, но и размножиться, оставить после себя потомство. Иначе говоря, природа сама производит отбор наиболее сильных и приспособленных к жизни организмов и уничтожает слабых и неприспособленных. Такой отбор в эволюционной теории называется естественным. Он и является, по мнению Дарвина, главной движущей силой эволюции, ее всеобщим законом, которому подчиняется развитие всей живой природы. Изменчивость, наследственность и естественный отбор действовали с незапамятных времен появления живого и привели к поражающему ныне многообразию видов живых организмов.

Среди дарвиновских идей есть также утверждение о том,

что человек, как один из биологических видов (называемый *homo sapiens*), является результатом длительной эволюции живой природы от менее совершенных к более совершенным организмам. В 1871 г. появилась его книга «Происхождение человека и половой отбор», в которой была высказана эта гипотеза. Довольно часто можно услышать, что, с точки зрения Дарвина, человек произошел от обезьяны. Это высказывание является неверным, потому что оно значительно огрубляет и искажает дарвиновскую мысль. Кстати, когда нам говорят, что человек произошел от обезьяны, то довольно часто возникает справедливый вопрос: отчего же нынешние обезьяны не превращаются в людей? Так вот, правильнее говорить, что и человек, и нынешние обезьяны произошли от общих млекопитающих предков, которые жили много миллионов лет назад. Проиллюстрировать это утверждение можно так называемым «принципом пяти пальцев». Посмотрите на свою ладонь: четыре пальца направлены в одну сторону, а один – большой – в другую, он как бы противопоставлен всем остальным. Примерно то же самое наблюдается и в схеме эволюции человека: от общего млекопитающего предка в одну сторону пошло несколько ветвей эволюции, которые привели к появлению обезьян, а в другую сторону направилась эволюционная ветвь, увенчанная появлением особого биологического вида – человека разумного. Это разделение двух ветвей произошло приблизительно 10–15 млн лет назад, и поэтому вполне понятно, что обезьяна и

человек – это совершенно разные виды, не столько сходные, сколько противопоставленные друг другу (еще раз посмотрите на пять пальцев ладони), равно как ясно и то, что человек не «произошел от обезьяны» (а также совсем неудивительно, почему нынешние обезьяны не превращаются в людей).

В заключение необходимо отметить, что, несмотря на огромные успехи биологии, до сих пор многие вопросы и проблемы, связанные и с происхождением жизни на Земле, и с эволюцией человека, еще далеки от окончательного решения и ждут своих будущих исследователей. Однако огромная и несомненная заслуга дарвиновской теории, помимо всего прочего, заключается в том, что она пробила первую брешь в господствовавшей несколько столетий идее о стационарности неживого и живого мира. Эволюционное учение, появившееся в XIX в., то есть еще тогда, когда были сильны позиции классического механистического естествознания, утверждавшего неизменность всего существующего, как бы выпадало из него. Через полвека после создания эволюционного учения вторая, или классическая, научная картина мира начала рушиться, уступая место третьей, или неклассической, научной картине мира, одной из главных идей которой стало утверждение о том, что не только живая природа, но и Вселенная в целом есть результат грандиозной мировой эволюции.

§ 3. Гипотезы происхождения жизни на Земле

Проблема происхождения жизни является одной из наиболее важных и сложных в современном естествознании. Мы уже говорили о том, что живая природа является настолько более высоким качественным уровнем организации материи по сравнению с неживой природой, что появление жизни во Вселенной представляет собой настоящую загадку или даже тайну. Поскольку мы имеем дело только с жизнью на Земле, и нам ничего не известно о каких-либо других, внеземных формах живой природы, то, когда говорят о происхождении жизни во Вселенной, подразумевают, конечно же, ее происхождение на Земле, или, иначе говоря, вопрос о происхождении жизни рассматривается относительно земных форм живой материи.

Существует несколько гипотез происхождения жизни. Одну из них трудно назвать гипотезой, поскольку она представляет собой религиозную точку зрения на происхождение живого, то есть для религии является не гипотезой (вероятностным предположением), а несомненным, достоверным, истинным знанием (конечно же, богооткровенным и иррациональным). Однако для науки религиозная точка зрения на происхождение жизни представляет собой именно гипотезу (причем ненаучную). Религиозная версия происхожде-

ния живой природы, равно как и неживой, обычно называется креационизмом (от лат. *creatio* – созидание). Согласно этой идее, жизнь есть результат божественного творения мира за шесть дней. Как уже говорилось, креационизм не имеет прямого отношения к науке, но, будучи одной из точек зрения на происхождение жизни, не может быть оставлен без внимания при обсуждении данной проблемы.

Другая гипотеза происхождения живого, которая характерна, прежде всего, для древней науки, чаще всего называется абиогенезом (от греч. *a* – не, *bios* – жизнь, *genos, genesis* – происхождение). По этой гипотезе живое спонтанно и самопроизвольно может возникать из неживого в течение незначительного времени. Издавна люди видели, как на гниющем мясе или пищевых отходах через какое-то время появляются маленькие белые червячки, а на мусорных свалках – мыши и крысы. Такого рода наблюдения вполне могли навести на мысль о том, что объекты неживой природы могут порождать различные формы жизни. Гипотезы абиогенеза придерживался Аристотель, который полагал, что определенные «частицы» вещества содержат некое «активное начало», которое при подходящих условиях может создать живой организм. Так он считал, что это активное начало содержится в оплодотворенном яйце, а также присутствует в солнечном свете, тине и гниющем мясе. «Таковы факты, – писал Аристотель, – живое может возникать не только путем спаривания животных, но и разложением почвы. Так же обстоит дело

и у растений: некоторые развиваются из семян, а другие как бы самозарождаются под действием всей природы, возникающая из разлагающейся земли или определенных частей растений». По Аристотелю какой-либо существенной границы между живой и неживой природой не существует: «...природа совершает переход от безжизненных объектов к животным с такой плавной последовательностью, поместив между ними существа, которые живут, не будучи при этом животными, что между соседними группами, благодаря их тесной близости, едва можно заметить различия».

Гипотеза абиогенеза, появившаяся еще в эпоху Древнего мира, не утратила своего значения и в более поздний период – Возрождения и Нового времени. Так голландский естествоиспытатель Ян Гельмонт, живший на рубеже XVI–XVII вв., описал эксперимент, в котором он за три недели якобы создал мышей. Для этого были нужны, по его утверждению, грязная рубашка, темный шкаф и горсть пшеницы. Активным началом в процессе зарождения мыши Гельмонт считал человеческий пот.

Однако в естествознании Нового времени гипотеза абиогенеза подверглась серьезной критике. В конце XVII в. итальянский биолог и врач Франческо Реди, усомнившись в возможности самопроизвольного возникновения жизни из неживого вещества, поставив ряд экспериментов, установил, что маленькие белые червячки, появляющиеся на гниющем мясе, – это личинки мух. «Убежденность была бы тщетной, –

писал Реди, – если бы ее нельзя было подтвердить экспериментом. Поэтому в середине июля я взял четыре больших сосуда с широким горлом, поместил в один из них змею, в другой – немного рыбы, в третий – угрей... в четвертый – кусок молочной телятины, плотно закрыл их и запечатал. Затем я поместил то же самое в четыре других сосуда, оставив их открытыми... Вскоре мясо и рыба в незапечатанных сосудах зачервивели; можно было видеть, как мухи свободно залетают в сосуды и вылетают из них. Но в запечатанных сосудах я не видел ни одного червяка, хотя прошло много дней после того, как в них была положенадохлая рыба». Эксперименты Франческо Реди позволили ему сделать вывод о том, что жизнь не может самопроизвольно зародиться из неживого, а возникает только из предшествующей жизни. Эта идея, противостоящая концепции абиогенеза, получила название биогенеза (от греч. *bios* – жизнь, *genos, genesis* – происхождение).

В 1765 г. итальянский ученый Ладзаро Спалланцани поставил опыты, подтверждающие справедливость идеи биогенеза. Он подвергнул мясные и овощные отходы кипячению в течение нескольких часов, после чего сразу же герметично запечатал их и снял с огня. Когда Спалланцани исследовал жидкости через несколько дней, то не обнаружил в них никаких признаков жизни. Из этого он сделал вывод, что высокая температура уничтожила все формы живых существ, без которых ничто живое уже не могло возникнуть. Экспери-

менты известного французского ученого XIX в. Луи Пастера, в основе которых лежали методы Ладзаро Спалланцани, показали, что бактерии вездесущи, и неживые объекты, если их не стерилизовать должным образом, легко могут быть заражены живыми существами. Опыты Пастера окончательно подтвердили концепцию биогенеза и опровергли гипотезу абиогенеза. Однако идею биогенеза нельзя назвать одной из гипотез происхождения жизни, потому что она всего лишь отрицает возможность спонтанного самозарождения живых организмов из неживого вещества, но ничего не говорит о том, каким образом или откуда появляется живое.

Наиболее распространенной и признаваемой в научной среде является гипотеза биохимической эволюции, один из представителей которой, известный отечественный ученый А. И. Опарин, выдвинул идею о том, что жизнь на Земле представляет собой естественный результат длительного прогрессивного, или восходящего, развития материи от низших и простых форм к более высоким и сложным. Вспомним, одной из характерных особенностей современного естествознания является синергетика – теория самоорганизации различных материальных систем. В свете синергетики материя способна не только к самоупрощению, деградации и распаду, но и к самоусложнению, или саморазвитию. Следуя синергетическому видению природы, вполне возможно предположить, что в результате длительной эволюции (протяженностью в сотни миллионов лет) из неорга-

нических веществ путем постепенного самоусложнения возникли более сложные – органические (углеродосодержащие) соединения, которые, в свою очередь, путем дальнейшего длительного самоусложнения привели к появлению первых простейших форм жизни, эволюционировавших далее к более развитым и сложным ее формам.

Таким образом, согласно гипотезе биохимической эволюции, жизнь на Земле возникла из неживого вещества. Возникает вопрос: чем отличается это предположение от рассмотренной выше гипотезы абиогенеза, которая также утверждает, что живое естественным образом происходит от неживого? Вспомним, в гипотезе абиогенеза речь идет о том, что жизнь самопроизвольно возникает из неживых объектов: во-первых, многократно, а во-вторых, в течение незначительного периода времени (например, за несколько дней). По гипотезе биохимической эволюции живое также появляется из неживого, но, во-первых, единожды, или однократно, а, во-вторых, это происходит медленно и постепенно, на протяжении сотен миллионов лет.

Несмотря на широкое распространение гипотезы биохимической эволюции в научной среде, она разделяется далеко не всеми учеными. В качестве основного аргумента ее противники подчеркивают неизмеримо более высокий и качественно новый уровень организации живой природы по сравнению с неживой, в силу которого первая не сводима ко второй и не выводится из нее. Также они справедливо

указывают на то, что гипотеза биохимической эволюции, по большому счету, не объясняет, как произошел качественный скачок от неживого к живому. Так один из основоположников современной молекулярной биологии, английский ученый Фрэнсис Крик на Бюраканском симпозиуме в сентябре 1971 г. сказал: «Мы не видим пути от первичного бульона до естественного отбора. Можно прийти к выводу, что происхождение жизни – чудо, но это свидетельствует только о нашем незнании». Здесь необходимо уточнить, что «первичным бульоном», в котором могла возникнуть жизнь, согласно гипотезе биохимической эволюции, обозначается совокупность органических веществ, накопившихся в древних океанах Земли.

Еще одной гипотезой происхождения жизни является концепция панспермии (от греч. *pan* – весь, все и *sperma* – семя), по которой жизнь на Земле является частным случаем жизни во Вселенной. Представители гипотезы панспермии утверждают, что жизнь во Вселенной существует чуть ли не вечно: мельчайшие «семена» живого (споры, вирусы, бактерии) переносятся в ее бескрайних просторах на частицах космической пыли и, попадая на планеты с благоприятными для жизни условиями, «прорастают», давая начало дальнейшему развитию различных форм живых организмов.

Современные исследования в космосе позволяют утверждать, что вероятность обнаружения жизни в пределах Солнечной системы ничтожно мала, однако они не дают ни-

каких сведений о возможности существования каких-либо живых организмов за ее пределами. При изучении материала метеоритов и комет в них были обнаружены многие «предшественники живого» – такие вещества, как цианогены, синильная кислота и органические соединения, которые, возможно, сыграли роль «семян», падавших на Землю. Кометы содержат воду и органическое вещество, являющееся превосходной питательной средой для некоторых видов микроорганизмов. Исследования комет показали, что в них неопределенно долго могут сохраняться почти все формы микроорганизмов, известных в настоящее время на Земле.

В пользу гипотезы панспермии косвенно свидетельствует способность некоторых живых организмов к анабиозу (от греч. *anabiosis* – оживление), то есть временному прекращению всех видимых проявлений жизни при воздействии неблагоприятных условий окружающей среды. Живой организм в состоянии анабиоза подобен неживому объекту, однако при появлении благоприятных условий он вновь «становится» живым. Например, прекращение жизненных процессов при высушивании семян или глубоком замораживании мелких организмов не ведет к потере жизнеспособности. Если структура сохраняется неповрежденной, то она при возвращении к нормальным условиям обеспечивает восстановление жизненных процессов. Таким образом, вполне возможно, что рассеянные во Вселенной «семена» жизни, впадая в анабиоз, могут существовать сколь угодно дли-

тельное время, не подвергаясь при этом неблагоприятным или губительным космическим условиям в виде высокой или низкой температуры, отсутствия влаги, радиоактивного излучения и т. п.

Нечто подобное тому, о чем говорит гипотеза панспермии, происходит в уменьшенном масштабе в окружающей нас живой природе Земли: семена растений беспорядочно и произвольно распространяются в земном пространстве и, попадая в благоприятные условия, дают новые всходы. Однако, как мы уже знаем, жизнь растений может иметь и другую основу, которая заключается не в хаотичном и естественном самораспространении, а в организованной, сознательной и целенаправленной деятельности человека по выращиванию нужных ему культур. Семена растений не произвольно прорастают где и как попало, а с определенными целями высаживаются людьми. Почему бы не предположить, что нечто подобное имеет место и в масштабах Вселенной?

Разновидностью концепции панспермии является гипотеза направленной панспермии, по которой «семена» жизни были некогда целенаправленно доставлены на Землю представителями неизвестных нам высокоразвитых цивилизаций. По крайней мере, невозможно однозначно утверждать, что жизнь во Вселенной существует только на Земле, и нигде больше. Не исключено, что она может многократно возникать в разное время и в различных частях галактики или Вселенной. Также не исключено, что где-то жизнь появилась

намного раньше, чем на Земле, имеет совершенно иную качественную основу и по уровню своего развития давно превзошла все формы земной жизни, включая человека разумного и всю созданную им вторую (искусственную) природу со всеми ее колоссальными техническими приспособлениями, достижениями и успехами. Возможно, что представители этой высокоразвитой и неведомой нам жизни не только каким-то образом влияют на различные земные формы живой природы, но и вообще планомерно руководят ими от момента их зарождения до современного состояния.

Насколько бы невероятной и фантастической, на первый взгляд, не казалась эта гипотеза, ее придерживаются некоторые известные современные ученые. Например, уже упоминавшийся нами английский ученый Фрэнсис Крик, расшифровавший код ДНК и получивший за эту работу Нобелевскую премию, полагает: «...Мыслящее Существо (*homo sapiens*) служит только орудием, упаковкой, неким космобусом для распространяющегося Истинного Разума, скрывающегося в разумной и победоносной крупинке рибонуклеиновой кислоты. Это ДНК творит цивилизацию! Наше тело и разум вместе с их физическими и духовными «усилителями» – это только орудия того (занесенного, очевидно, несколько миллионов лет назад на нашу Землю) зародыша, который имеет задачу овладеть нашей Галактикой или нашей частью Вселенной. А в дальнейшем будущем – встреча с Теми, которые его занесли на нашу Землю...» Доводом

в пользу этой гипотезы служит наличие в белке молибдена в количестве непропорционально большем, чем имеется его на Земле, что может свидетельствовать о космическом генезисе ДНК и жизни на нашей планете. При таком взгляде человек является как бы искусственным знаком, запрограммированным космическим сообщением, подтверждающим возможность жизни в космосе.

Таковы основные гипотезы происхождения жизни. Как видим, данная проблема является достаточно сложной и пока еще весьма далека от своего окончательного и общепризнанного научного решения, которое остается делом будущего. Дальнейшее развитие естествознания, несомненно, прольет больший свет на вопрос о происхождении жизни на Земле и, возможно, во Вселенной.

Поговорим о прочитанном

1. Когда у человека появился интерес к познанию живой природы, и с чем он был связан? Каковы основные классификации наук о живой природе? Чем обусловлена многоплановость комплекса биологических наук?

2. Можно ли точно и однозначно ответить на вопрос о том, что такое жизнь? Каким образом современная биология подходит к определению и описанию сущности живого? Каковы основные различия между живой и неживой природой?

3. Каковы основные структурные уровни иерархической

организации объектов неживой и живой природы?

4. Что такое эволюция? Какие факты позволили различным ученым сделать эволюционные выводы?

5. Каковы основные идеи эволюционной теории Чарльза Дарвина? Почему возможно утверждать, что эволюционная теория выпадала из классического естествознания, не соответствовала его основным утверждениям?

6. В чем заключается сложность проблемы происхождения жизни на Земле? Что такое креационизм?

7. Что представляет собой гипотеза абиогенеза? Наблюдение каких явлений или фактов окружающего мира могло навести древних ученых на идею о спонтанном самозарождении жизни из неживого вещества?

8. Какие ученые Нового времени подвергли критике гипотезу абиогенеза? О чем говорит гипотеза биогенеза? Можно ли ее считать одной из гипотез происхождения жизни?

9. Каким образом объясняет происхождение жизни гипотеза биохимической эволюции? Какие аргументы выдвигают ее сторонники в качестве подтверждения того, что живое могло произойти из неживого в процессе длительной восходящей эволюции? В чем заключается различие между гипотезами абиогенеза и биохимической эволюции? Каковы основные аргументы противников гипотезы биохимической эволюции?

10. Что представляют собой гипотезы панспермии и направленной панспермии? Какие аргументы можно привести

В ПОЛЬЗУ ЭТИХ ГИПОТЕЗ?

Тема 5. Глобальные проблемы современного человечества

§ 1. Обратная сторона прогресса

По поводу возможного будущего человечества в современной науке существуют различные точки зрения. Одни ученые говорят, что человеческое общество движется по пути прогресса и в дальнейшем поднимется на более высокую степень развития. Другие же, наоборот, считают, что человечество идет путем регресса и в будущем обречено на гибель. Хорошо, если правы первые. Но если может быть так, как предсказывают вторые, необходимо безотлагательно задуматься над их прогнозом и что-либо предпринять. Как то ни печально, но к концу XX – началу XXI в. стало совершенно очевидным, что оснований для безрадостных прогнозов более чем достаточно. Современный мир столкнулся с такими проблемами, которые в недалеком будущем смогут столкнуть человечество в бездну уничтожения. Это проблемы не конкретных стран, народов или континентов. Перед их лицом абсолютно равны все нации и государства. Это проблемы всего человечества, они носят планетарный масштаб и поэтому часто называются глобальными. Понятно, что и ре-

шить их возможно только совместными усилиями всех жителей одного большого дома, имя которому – планета Земля.

Для утверждения о том, что человечество движется по пути прогресса, есть немало оснований. Во многих областях нашей жизни прогрессивное развитие налицо. Например, в экономической сфере за свою недолгую историю человек достиг грандиозных результатов. Всего за 5 тысяч лет (в то время как *homo sapiens* существует приблизительно 40 тысяч лет) мы продвинулись по экономическим показателям далеко вперед. Из каменных пещер люди перебрались в комфортабельные квартиры, а вместо звериных шкур стали одеваться в удобную и модную одежду. Теперь нам не надо день и ночь сторожить огонь, который может погаснуть и тем самым привести нас к верной гибели от холода и голода. В отличие от наших первобытных предков мы не приходим в ужас от стихийных бедствий и природных катаклизмов, потому что знаем их причины и умеем с ними бороться. Нам не надо постоянно спасаться и прятаться от хищных зверей и других опасностей, которые не так давно подстерегали человека на каждом шагу. Мы сейчас более или менее уверены в себе и в завтрашнем дне, чего никак нельзя сказать о наших первобытных предшественниках, жизнь которых была настолько тяжела, опасна и непредсказуема, что могла оборваться в любую минуту. Одним словом, с экономической точки зрения мы ныне живем в сотни раз лучше, чем 5 тысяч лет назад, а это значит, что наличие прогресса в данной

сфере никак нельзя отрицать.

Очевиден также прогресс в области образования. Мы сейчас знаем гораздо больше, чем наши далекие предки. Когда-то умение читать и писать было привилегией немногих богатых и знатных людей, теперь же трудно встретить человека, который не умел бы этого делать. Некогда в тайны природных явлений были посвящены только представители особой исключительной касты (сословия) жрецов. Сейчас же очень сложно найти человека, который не знал бы, почему меняются времена года, как размножается живая природа, сколько планет вращается вокруг Солнца, из чего состоят все физические тела, каким образом вода превращается в пар и лед, что представляют собой пролетающие над нами кометы, в чем причина солнечных затмений и многое другое. Конечно же, нынешний уровень знаний – это результат огромного опыта, накопленного сотнями прошедших по Земле поколений. По большому счету, нам нечем гордиться, так как все, что мы сейчас знаем и умеем, обусловлено жизнью и деятельностью наших далеких и недавних предков. Но несомненно, что современный школьник подчас знает больше, чем древний или средневековый ученый, из чего следует явное наличие образовательного прогресса.

Также можно отметить прогресс в области медицины или здравоохранения. Давно ушли в прошлое времена, когда некоторые страшные болезни, например чума, оспа или холера, казались неизлечимыми, выкашивали целые города и

даже континенты и считались божественным наказанием, посланным людям за их земные грехи. Медицина нашла эффективные и надежные средства борьбы с этими и многими другими недугами, благодаря чему они не представляют в настоящее время серьезной опасности. Правда, вместо старых появились новые страшные болезни, но несомненный исторический прогресс в области медицины позволяет надеяться, что с течением времени человек будет в состоянии справиться и с ними.

Невозможно не заметить прогресса в сфере правосознания, то есть очевидно, что человек все более понимает права и обязанности каждого по отношению к любому другому, что человечество все более осознает те принципы и нормы, соблюдение которых сможет сделать общественную жизнь лучше и справедливее. Когда-то человек понял, что нельзя есть людей из своего племени, потом осознал, что нежелательно поедать и представителей чужого племени, через какое-то время он понял, что вообще нельзя не только поедать, но и убивать себе подобного и, наконец, в настоящее время жизнь, свобода и собственность считаются неотъемлемыми человеческими правами: они дарованы каждому из нас самой природой, и поэтому никто не вправе покушаться на них. Права человека, конечно же, повсеместно нарушаются в современном мире, но несомненно, что человеческая жизнь теперь является гораздо большей ценностью, чем в дикие времена пяти тысячелетней давности, когда она почти ничего

не стоила и могла в одночасье согнуться без суда и следствия.

Можно назвать и другие виды прогресса, но, наверное, наиболее важным является научно-технический прогресс, от которого прямо или косвенно зависят все перечисленные выше виды прогресса. Невозможно не поразиться тем колоссальным достижениям, которые сделала наука и техническая мысль всего за 5 тысяч лет. За это время от примитивного каменного топора люди перешли к сложнейшим машиностроительным станкам, от звериных шкур, сырых пещер и борьбы за огонь – к современным небоскреbam и мощным электростанциям, от собирательства и охоты – к выведению новых видов растений и животных. Если бы мы сказали древнему египтянину, или индусу, или греку, что человек способен лететь по небу со сверхзвуковой скоростью, на многие километры опускаться в глубины океана, ходить по поверхности Луны, все они, наверное, сочли бы нас сумасшедшими. Сегодня же все это – повседневная и привычная реальность, в которой нет ничего удивительного.

Приспособления, созданные человеком и намного превосходящие его физические возможности, никого не удивляют уже 300 лет. Человек победил свою мускульную силу в XVII в.: появилась паровая машина. С тех пор всем стало ясно: как бы ни были сильны и быстры ноги, совершенно бесполезно пытаться обогнать паровоз. В настоящее время научная мысль продвинулась гораздо дальше: в XX в. человек преодолел уже не физическую, а интеллектуаль-

ную (умственную) свою мощь, создав компьютер. Этот шаг является принципиально новым в истории научно-технических достижений и открывает собой целую эпоху. Ведь все ранее изобретаемые машины были рассчитаны на физические действия: поднимать, передвигать, забивать, резать, качать, нагревать, прессовать и т. д., и т. п. Они должны были заменить мышцы наших слабосильных рук и ног. Теперь же человек создал машину, которая рассчитана на интеллектуальные действия и может заменить человеческий разум. То, что компьютер гораздо лучше человека может производить сложнейшие математические расчеты и запросто обыгрывает своего создателя в шахматы, уже никого не удивляет. В настоящее время машина может сочинять музыку, рисовать картины, писать художественные романы и делать многое другое. Более того, искусственный интеллект (разум) – компьютер – каждый год совершенствуется и постоянно увеличивает свои возможности. Правда, правильнее говорить, что эти возможности увеличивает человек, постоянно совершенствуя созданную им машину. Однако не исключено, что наступит время, когда доведенная до высокой степени совершенства машина сможет самоусложняться и самосовершенствоваться, эволюционировать дальше самостоятельно. В этом случае возможно, что она когда-то интеллектуально превзойдет человека и выйдет из-под его контроля, перестав ему подчиняться. Как он, некогда созданный природой, превзошел ее своей научно-технической силой, начал

покорять и истреблять ее, ставить себе на службу, так и машина, созданная человеком, может превзойти его своей мощью и начать войну против собственного создателя. Но машина, стремящаяся истребить человека и занять его место на планете, – это результат и достижение научно-технического прогресса. Стало быть, у него есть обратная сторона: прогресс может обернуться регрессом и гибелью.

Однако если даже не принимать в расчет возможность превращения фантастики в реальность, все большее проникновение компьютера в нашу жизнь несет не только ее облегчение и улучшение, но и таит в себе невидимую, но большую опасность. Как известно, компьютер способен создавать виртуальную реальность (от лат. *virtualis* – возможный), то есть создавать видимость или иллюзию нереальных или несуществующих вещей и ситуаций. Например, с помощью виртуальной реальности человек может, не выходя из комнаты, ощутить себя летящим на сверхзвуковом самолете, мчащимся на гоночном автомобиле, купающимся в волнах далекого Средиземного моря. Что же в этом плохого и опасного, с удивлением спросите Вы. Опасность заключается в том, что когда человек чересчур увлекается виртуальной реальностью, он может забыть о подлинной реальности, в которой протекает его настоящая жизнь. И тогда он перестает быть самим собой, теряет ориентацию в вещах и явлениях, начинает плохо понимать происходящее, в его сознании меняются местами понятия, переворачиваются привычные пред-

ставления, рушатся традиционные человеческие идеалы. В этом случае он может перестать понимать, что можно делать, а что нельзя, где совершается добрый поступок, а где преступление, может утратить ощущение добра и зла, чувство вины и ответственности, забыть понятия долга и совести, а значит, потерять самого себя. Расставшись со всем человеческим в себе, он может перестать быть человеком. В настоящее время мы должны признать большую зависимость человека не только от компьютера, но и от всех прочих технических средств. А обретение зависимости в результате научно-технического прогресса заставляет усомниться в его безусловности. Как видим, прогресс подчас оказывается мнимым и иллюзорным, ведя нас не к процветанию и совершенству, а к бедам и деградации. Пессимистических прогнозов будущего, которое ожидает человеческое общество, становится все больше. И это не удивительно, ведь мы – люди рубежа тысячелетий – можем уже по-настоящему заглянуть за край той бездны, на котором стоим, приведенные туда пресловутым прогрессом цивилизации.

§ 2. Истощение земных ресурсов

Обратная сторона прогресса заключается не только в ослаблении и деградации человеческой природы. Она выражается также в крайне отрицательном воздействии технических достижений цивилизации на окружающую среду. Причем это воздействие имеет огромный или планетарный масштаб.

Что представляют собой все созданные человеком технические приспособления? Вернее, из чего сделано все то, что повседневно нас окружает? Города и машины, дороги и мосты, сложные приборы и космические корабли, а также многое другое сделано из природного (естественного) материала (сырья). Все, созданное человеком, – это преобразованная им природа. Это древесина, металлы, уголь, нефть, газ и другие природные богатства, которые в результате человеческой деятельности стали жилищами, заводами, станками, кораблями, паровозами и всеми прочими объектами цивилизации. Как известно, старая техника со временем изнашивается и заменяется новой. Поэтому человек вынужден постоянно создавать новые технические приспособления. Но ведь для этого требуются новые материалы и источники сырья. Получается, что мы постоянно берем их у природы, ничего не отдавая ей взамен. Ни для кого не секрет, что природные богатства не бесконечны, что запас их, каким бы большим

он ни был, ограничен и поэтому никак не вечен.

Наша планета – не слишком крупное космическое тело, и все, что она в себе содержит, может когда-либо иссякнуть. Не за горами то время, когда опустошенная нами природа не сможет больше ничего давать человечеству, а без ее даров оно обречено на гибель. Представьте себе, что истощенная земля перестанет давать урожаи. В этом случае человек лишится растительной пищи. Однако его не спасет и животная пища, потому что ее тоже не будет. Ведь животные сами питаются плодами земли, а если она опустеет, превратившись в бесплодную пустыню, они будут обречены на вымирание. Если иссякнут природные запасы нефти, угля и газа, которые называются энергетическими, то наши дома лишатся света и тепла, остановятся электростанции и заводы, перестанут ходить поезда и не смогут летать самолеты.

Представьте себе человека, которого заперли в каком-либо помещении, полностью изолировав от внешнего мира, и оставили ему некий запас продовольствия. Через какое-то время человек съест весь этот запас (пусть даже очень медленно и экономно) и вынужден будет умереть от голода. Так вот наша планета – это замкнутое и изолированное от всего космоса большое жилище. Летать на другие планеты мы пока не умеем, а если бы даже и умели, то это нас несколько не спасло бы, потому что там ничего хорошего нет (то есть условий или запасов, пригодных для жизни), по крайней мере, в Солнечной системе. Хотя и за ее пределами, наверное,

все обстоит точно так же. Человечество является единственным запертым жителем огромного дома – планеты Земля. У этого жителя есть большой запас продовольствия и всего прочего, необходимого для жизни, который, однако, постепенно уменьшается, с каждым годом – все больше и больше. Через какое-то время он будет полностью проеден и прожит, после чего человечество, как и несчастный узник в опустошенной камере, должно будет погибнуть. Эта перспектива, конечно же, безрадостна, но также – вполне реальна. Ситуация усугубляется еще и тем, что расход природных богатств постоянно, вместо того чтобы уменьшаться, с каждым днем набирает темпы. Как то ни удивительно, но за 100 последних лет человечество израсходовало природных ресурсов больше, чем за всю свою предыдущую историю. Правда, постоянно увеличивается численность населения планеты, возрастают масштабы жизни, и поэтому кажется, что в каждый последующий год должно расходоваться больше природных богатств, чем в предыдущий. Однако вполне возможно из небольшого количества ресурсов создать максимум жизненных средств. Для этого только нужен разумный или грамотный подход к их использованию. Если же поступать неразумно, или бездумно, или бестолково, то получается как раз наоборот: из огромного количества природных богатств создается минимум жизненных средств. Все остальное просто превращается в отходы. Понятно, что в этом случае необходимо все более интенсивно использовать новое сырье. К со-

жалению, таким образом в наше время и живет человечество на Земле – неграмотно и бездумно, совершенно не заботясь о завтрашнем дне, не задумываясь ни о собственном будущем, ни о перспективах планеты.

§ 3. Загрязнение окружающей среды

Большая часть природного материала производственной деятельностью человека превращается в отходы, которые ни при каких условиях не могут вновь стать исходным сырьем, вернуться в природу. Они становятся специфическим элементом, имеющим ныне большие масштабы и играющим огромную роль в жизни планеты. Они являются грандиозным мировым мусором, засоряющим и отравляющим почву, воду и воздух. Природа не знает отходов, в ней ничто не выбрасывается и не становится мусором. Наоборот, вечный круговорот вещества оставляет ее всегда прекрасной и чистой. Совершенно иначе обстоит дело с отходами человеческой деятельности: отработанные газы, ядовитые металлы, сточные воды попадают в природу, которая не в состоянии с ними справиться, потому что они имеют не природное (естественное), а производственное (искусственное) происхождение. Они представляют собой инородное тело в природе, которое порождает различные ее заболевания: почвы теряют свое плодородие, высыхают реки, разрушается атмосфера, образуя озоновые дыры, через которые жесткие солнечные лучи начинают беспощадно сжигать все живое.

К сожалению, в настоящее время человечество пока не умеет (или не хочет) извлекать ядовитые отходы из природного организма или обезвреживать их. Они с каждым годом

все в больших количествах выбрасываются в окружающую среду, все более отравляют ее.

Самое главное заключается в том, что человек – это неотъемлемая часть природы, существующая в неразрывном единстве с ней. В XX и XXI в. стало очевидным заблуждение философии и науки Нового времени, по которому человек является неким независимым, самодостаточным объектом, находящимся вне природы, никак с ней не связанным и поэтому могущим делать все, что угодно по отношению к ней. Теперь совершенно понятно, что, будучи одним целым с природой, человек, вредя ей, наносит вред и самому себе, истребляя природу, он идет к самоуничтожению. Небывалое загрязнение окружающей среды является одной из главных причин резко возросшего к концу XX в. во всем мире количества тяжелых заболеваний. В настоящее время на планете существует немалое количество областей, в которых не только жить, но даже временно находиться опасно для здоровья. Как то ни печально, но в таких местах поколение за поколением живут люди, зная полностью или отчасти, или не подозревая вовсе о тех условиях, в которых они находятся.

Несмотря на столь удручающее положение дел, существует точка зрения, по которой все не так уж плохо. Сторонники ее утверждают, что земные ресурсы еще далеко не исчерпаны, а окружающая среда загрязнена не так сильно, как об этом говорят. То есть по их мнению, человечество может вполне безбедно существовать на планете еще не одну сотню

лет, а катастрофа пока столь далека, что о ней не стоит и думать. Однако вполне возможно, что их оптимизм безоснователен, и даже завтрашний день может стать последним. Истощение земных ресурсов и загрязнение окружающей среды происходит все более ускоряющимися темпами. И если сегодня нам кажется, что впереди у человечества еще половина жизненного пути, то не исключено, что на самом деле уже сегодняшний день может стать предпоследним.

§ 4. Рост радиационной опасности

Одной из глобальных проблем современного мира является увеличение радиационной опасности. Как мы уже знаем, радиоактивность – это самопроизвольное превращение атомов одних элементов в атомы других, сопровождающееся излучением, которое является смертоносным для всего живого на Земле. После Второй мировой войны человек изобрел самое страшное оружие – атомное или ядерное. Оно по своей разрушительной силе и по последствиям, которые влечет за собой его применение, не может даже близко сравниться ни с одним видом вооружения. Одна небольшая атомная бомба способна начисто уничтожить огромный город. Однако главное заключается в том, что после взрыва такой бомбы все вокруг: воздух, вода, почва наполняются радиоактивным излучением или, проще, радиацией, которая представляет собой несметное количество мельчайших, невидимых частиц, беспрепятственно проникающих в любой предмет и в любой организм. Эти радиоактивные частицы в очень короткий срок уничтожают изнутри любое живое существо. Ситуация усложняется тем, что радиацию невозможно увидеть или воспринять любым органом чувств, ее фиксируют только специальные приборы. Человек может находиться в лесу или на озере, или в горах, дышать свежим воздухом, любоваться прекрасными живописными видами и

не подозревать, что и бодрящий воздух, и прозрачная вода, и вековые сосны, источающие лесной аромат, – все пропитано страшными частицами, все дышит смертью.

После взрыва даже небольшой атомной бомбы огромная территория заражается радиацией, которая может сохраняться многие десятки лет. Понятно, что если бы произошла война между несколькими странами с применением такого оружия, то вся Земля окуталась бы гигантским радиационным облаком, в котором погибли бы все формы жизни. В настоящее время ведущими мировыми державами накоплено ядерного оружия столько, что 5 % его хватит на то, чтобы уничтожить нашу планету. Произведя простой математический подсчет, увидим, что с помощью современного мирового ядерного арсенала можно уничтожить Землю 20 раз, или 20 планет, подобных нашей Земле. Следовательно, если произойдет третья мировая война (ядерная), то она будет последней в истории человечества. Уже в 1962 г., во время Карибского кризиса, мир стоял на грани уничтожения. Тогда чудом удалось избежать катастрофы: рассудок и здравый смысл победили безумие. Но сможет ли человечество и в дальнейшем прислушиваться к голосу разума? Правда, в последние два десятилетия международная напряженность значительно разрядилась, и угроза третьей мировой войны стала значительно меньше. Однако она не исчезла полностью и до сих пор является одной из возможных страшных перспектив нашего будущего.

Даже если не принимать в расчет возможность ядерной войны, радиационная опасность все равно остается. Она исходит и из других источников. Так, например, до сих пор продолжает разрабатываться и испытываться новое ядерное оружие, а его испытания проходят глубоко под водой, под землей и в атмосфере, что приводит к значительному радиоактивному заражению водного, почвенного и воздушного покрова планеты. Кроме того, атомная энергия, как известно, используется и в мирных целях, что далеко не безопасно. Любая авария на какой-нибудь атомной электростанции приводит к огромным человеческим жертвам и на долгие годы превращает большие территории в смертельно опасные зоны. И, наконец, что происходит с отходами радиоактивного производства? Они так же, как и отходы других производств, или обезвреживаются частично, или вообще не обезвреживаются, а закапываются в землю, топятся в океане, выбрасываются в атмосферу, отравляя среду нашего обитания. Как правило, это делается в целях экономии и чьей-то личной наживы. Ведь утилизация (обезвреживание) ядерных отходов стоит больших денежных средств. Так не лучше ли, рассуждает кто-то, сэкономить деньги и тайно закопать смертоносный мусор, где попало. Конечно же, то, что в этом месте могут жить люди или играть дети, совершенно не принимается в расчет.

В результате всего этого в настоящее время мы получили ужасающую картину. Проникая во все и распространяясь на

большие территории, радиация ныне может содержаться в бетонных стенах жилых домов, на мусорных свалках, в различных хозяйственных товарах, продуктах питания, денежных купюрах и многом другом. Иногда в корыстных целях из радиоактивного сырья (будучи смертельно опасным, оно намного дешевле – почти бесплатное) производятся различные потребительские изделия. А торговцы, даже знающие о смертоносном товаре, но преследующие только одну цель – продать его, беззастенчиво скрывают от покупателя его истинное происхождение. Ученые полагают, что многие современные заболевания напрямую связаны с сильным повышением уровня радиации в последние десятилетия. Если человечество в целом и каждый отдельный его представитель не в будущем, а сегодня же не опомнятся и не предпримут каких-либо радикальных мер, то незримая, но самая страшная опасность будет грозно расти, постепенно, но верно уничтожая жизнь на Земле.

§ 5. Увеличение численности населения

Серьезную проблему современного мира составляет постоянное увеличение численности населения. С каждым годом жителей планеты становится все больше и больше. Еще в середине XX в. на Земле было примерно 3 млрд человек. На сегодняшний день на планете живет приблизительно 7,2 млрд. Понятно, что, чем больше становится людей, тем больше территорий, продуктов питания и других жизненных средств требуется человечеству. Выше шла речь о том, что земные ресурсы постепенно истощаются. Следовательно, чем выше численность населения, тем труднее планете прокормить своих жителей и снабдить их всем необходимым для жизни.

Некоторые ученые полагают, что нормальные условия существования Земля может обеспечить приблизительно одному миллиарду человек. Сейчас нас в шесть раз больше. В науке даже появилось понятие «золотого миллиарда». «Золотой» надо понимать в том смысле, что это предельно допустимая норма, высшая (золотая) отметка численности населения, которую нельзя переходить. Но также термин «золотой» обозначает и то, что этот миллиард жителей будет в буквальном смысле золотым, то есть сможет жить не только нормально или достойно, или хорошо, а прекрасно, ши-

карно, ни в чем себе не отказывая. А разве любой из нас лишен на это права? Ведь каждый живет всего один раз... Но, как то ни печально, миллиард людей может купаться в роскоши, а остальные 6 млрд вынуждены не полноценно жить, а влачить жалкое существование. Не нужно никаких хитрых умозаключений, чтобы понять, что «золотой» миллиард блаженствует именно за счет лишений остальных «незолотых» миллиардов людей, а они страдают именно по причине блаженства немногих «золотых» жителей планеты. А ведь рождаются все, как правило, с одинаковыми жизненными возможностями. Наследственность, конечно же, влияет на формирование будущего человека и его судьбу, однако решающая роль в этом принадлежит той социальной (общественной) среде, в которой он появляется на свет, воспитывается и растет. Одинаковые стартовые возможности жизни порождают и равенство человеческих прав на счастье, которое тем не менее нигде и никогда не соблюдается. Грандиозная несправедливость, на которой строится жизнь человечества, ведет к постоянной напряженности в обществе, конфликтам и преступлениям.

В XIX в. английский экономист Томас Мальтус вывел так называемый «закон народонаселения», по которому количество людей на планете увеличивается в геометрической прогрессии (каждое число в ряду больше предыдущего во сколько-то раз), а количество жизненных благ – в арифметической (каждое число в ряду больше предыдущего на какое-то ко-

личество). То есть планета постоянно не справляется со все возрастающими потребностями ее населения. Именно поэтому, говорит Мальтус, и происходят различные социальные (общественные) и естественные (природные) бедствия: войны, эпидемии, наводнения, засухи, землетрясения и др. Они регулируют стремительно растущую численность населения. Но ведь различные несчастья случались и на заре человеческой истории, когда жителей на планете было в сотни раз меньше, чем теперь. Тогда возможности Земли являлись намного большими, чем требовалось проживающим на ней людям, но стихийные бедствия и войны все равно сопровождали человечество. Следовательно, теория Мальтуса (или мальтузианство), скорее всего, несостоятельна и представляет собой замаскированное оправдание массового истребления одних людей другими. Очевидно, надо искать совершенно иные способы решения проблемы, обостряющейся с каждым годом.

§ 6. Пути выхода из кризиса

Несмотря на всю остроту глобальных проблем современного мира, люди в большинстве своем довольно спокойно воспринимают происходящее и почему-то надеются, что каким-то непостижимым образом человечеству удастся избежать планетарной катастрофы, и все само собой образуется и благополучно разрешится. К большому сожалению, лишь немногие нынешние жители планеты понимают, что, скорее всего, ничего не образуется и не разрешится, тем более само собой. Они создают различные организации, устраивают коллективные мероприятия, выступают в средствах массовой информации с целью пробудить общественное сознание, заставить людей по-иному взглянуть на сегодняшнее положение вещей. Они пытаются показать им, что помимо личных дел и интересов, а также помимо забот национального или государственного масштаба есть еще проблемы всеобщего, планетарного характера, пренебрежение которыми напрямую ударит и по национальным, государственным, и по сугубо личным интересам. Сегодня необходимо осознать, что масштабы глобальные (земные) и минимальные (личные) тесно взаимосвязаны: если погибнет планета, то исчезну и я, и все, что мне близко и дорого. Если опасность угрожает некоему городу, в котором я живу, или даже стране, я вполне могу переехать, при наличии, конечно же, немалых

денежных средств, в другой город или в другую страну, где все хорошо и благополучно. Но если опасность уничтожения грозит всей планете, то даже при наличии очень больших денег бежать некуда! Спасти невозможно, и поэтому надо, забыв о личном, направить свои силы на то, чтобы как-то предотвратить наступающее бедствие.

На все это любой обычный человек скажет нам примерно следующее: «Ну что я могу один сделать? Не смешно ли мне в одиночку спасать планету, в то время как все остальные ее губят и, конечно же, погубят окончательно, не спрашивая моего мнения». Вот эта-то позиция является самым главным заблуждением, с которого и начинается земная катастрофа. Ведь если каждый скажет себе так, то никто ничего не предпримет, и с молчаливого согласия всех и планета, и человечество смогут погибнуть. Для того чтобы совершить какие-либо изменения на практике, их надо сначала произвести в сознании людей. Ведь если каждый из нас вместо того, чтобы говорить себе «Я ничего не могу сделать, все и без меня давно решено», скажет «Я могу что-либо сделать, и от меня что-то зависит» и совершит какие-то действия (обратите внимание – каждый из нас – то есть все 7,2 млрд жителей Земли начнут что-либо предпринимать для ее спасения), тогда будет вполне возможно решить глобальные проблемы планеты и предотвратить печальный исход. Коллективными усилиями вполне возможно предотвратить планетарную катастрофу. Но для того, чтобы все стали совершать

эти усилия, надо, чтобы их совершал и каждый в отдельности. Заботясь не только о себе, но и о других людях, а также об окружающей среде, Вы вносите свой личный маленький вклад в общее большое дело спасения нашей планеты от гибели. Ведь если каждый человек на Земле станет совершать эти бескорыстные и вроде бы ничтожные в планетарных масштабах действия, то человечество сможет выйти из того тяжелого кризиса, в который завели его собственная алчность, недомыслие и безответственность. И пусть вам придется пожертвовать своими собственными интересами и планами, поверьте, Вы выиграете гораздо больше, чем потеряете.

Поговорим о прочитанном

1. Чем можно обосновать утверждение о том, что человечество движется к будущему путем прогресса? Что такое научно-технический прогресс? Каковы его основные достижения? В чем заключается его обратная сторона?
2. Почему возможно истощение земных ресурсов? К каким последствиям это может привести?
3. Возможно ли бережное и экономное использование природных ресурсов? Каким образом оно может быть осуществлено?
4. Куда поступают отходы производственной человеческой деятельности? Почему природа не в состоянии переработать отходы?
5. Какие последствия для человечества влечет за собой загрязнение окружающей среды?
6. Что представляет собой радиоактивное излучение, или радиация? В чем заключается ее смертельная опасность для любого живого существа? Какие источники радиационной опасности существуют?
7. Почему увеличение численности населения Земли представляет собой серьезную проблему современности? Какими способами возможно попытаться решить проблему перенаселения Земли?
8. Почему возможно утверждать, что глобальные про-

блемы современного мира тесно связаны с индивидуальной жизнью каждого человека?

9. Какие изменения в сознании людей должны произойти, чтобы спасение планеты и человечества стало реальным делом?

10. Что может сделать каждый из нас для предотвращения глобальной катастрофы на Земле?

Заключение

Прочитав эту книгу и тем самым познакомившись со спецификой естественнонаучного знания и познания, историей естествознания и современными научными представлениями о различных, но в то же время и связанных друг с другом областях нашей Вселенной, вы, наверняка, согласитесь с тем, что роль науки в человеческой культуре, особенно в нашу с вами эпоху, сложно переоценить. Достижения современной физики, астрономии, химии, биологии и базирующейся на этих отраслях естествознания техники (которая представляет собой прямое практическое следствие научных разработок) на рубеже XX–XXI вв. восхищают и поражают воображение. Все те удивительные изобретения, которые еще совсем недавно существовали лишь на страницах научно-фантастических романов и в снятых по ним фильмах, сегодня окружают нас в реальной жизни. Мы привыкли не удивляться всему этому, потому что слишком тесно и часто с ним соприкасаемся. Для нас эти чудеса науки и техники стали совершенно обыденными вещами – мы воспринимаем их как данность, как нечто само собой разумеющееся. И для того, чтобы по достоинству оценить все то, чем мы обязаны ученым и инженерам-конструкторам, воплощающим задумки первых в жизнь, надо мысленно перенестись всего лишь на 4–5 столетий назад – во времена, когда не было не только

компьютеров, телефонов, бытовой техники, быстрых и удобных средств передвижения, сверхзвуковых самолетов и космических кораблей, но даже примитивных паровых машин и электрического освещения.

Но достижения научно-технического прогресса – это «палка о двух концах». Они несут в себе не только благо, но, как показывает практика, при неумелом использовании и злоупотреблении могут оказаться разрушительными. Безусловно, с одной стороны, они многократно усиливают человека, помогают спасать и сохранять многие жизни, но, с другой стороны, так же многократно ослабляют его и даже способны погубить. Современный человек, будучи лишенным привычных ему технических благ, значительно уступает по силам и возможностям (как физическим, так и духовным) не только свои далеким предкам из Средних веков или Древнего мира, но даже и недавним предшественникам из эпохи Нового времени.

Конечно, нельзя не согласиться с тем, что наука коренным образом изменила жизнь человечества и окружающей его природы, но вопрос о том, в лучшую или худшую сторону, является дискуссионным. Одни безоговорочно приветствуют успехи науки и техники, другие считают научно-технический прогресс источником многих несчастий, обрушившихся на человека за последние сто с небольшим лет. Но правоту тех или других покажет будущее.

Интересная и полезная литература

1. *Азимов А.* Выбор катастроф. – СПб.: Амфора, 2002. – 208 с.
2. *Азимов А.* Земля и космос. От реальности к гипотезе. – М.: ЗАО Центрполиграф, 2004. – 286 с.
3. *Азимов А.* О времени, пространстве и других вещах. От египетских календарей до квантовой физики. – М.: Центрполиграф, 2014. – 270 с.
4. *Азимов А.* Строительный материал Вселенной. Вся Галактика в таблице Менделеева. – М.: Центрполиграф, 2007 – 270 с.
5. *Алфимова М. М.* Занимательные нанотехнологии. – М.: Парк-медиа: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 96 с.
6. *Афанасьев В. Г.* Мир живого: системность, эволюция и управление. – М.: Политиздат, 1986. – 333 с.
7. *Барашенков В. С.* Кварки, протоны, Вселенная. – М.: Знание, 1987. – 192 с.
8. *Брашинов Д. Г.* Удивительная астрономия. О чем умолчали учебники. – М.: ЭНАС, 2013. – 200 с.
9. *Вайнберг С.* Мечты об окончательной теории: Физика в поисках самых фундаментальных законов природы. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 256 с.
10. *Вайнберг С.* Открытие субатомных частиц. Серия: «В мире науки и техники». – М.: Мир, 1986. – 285 с.

11. *Вейль Г.* Пространство. Время. Материя. Лекции по общей теории относительности. – М.: Янус, 1996. – 480 с.
12. *Вернадский В. И.* Биосфера и ноосфера. – М.: Наука, 1989. – 261 с.
13. *Гайденко П. П.* История античной философии в ее связи с наукой. – М.: Либроком, 2009. – 376 с.
14. *Гайденко П. П.* Эволюция понятия науки XVII–XVIII вв. Формирование научных программ Нового времени. – М.: Либроком, 2010. – 448 с.
15. *Гаспаров М. Л.* Занимательная Греция. Рассказы о древнегреческой культуре – М.: Новое литературное обозрение, 2000. – 384 с.
16. *Гиндикин С. Г.* Рассказы о физиках и математиках. – М.: МЦНМО, 2006. – 464 с.
17. *Головин Ю. И.* Наномир без формул. – М.: Парк-медиа: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 544 с.
18. *Горелик Г.* Кто изобрел современную физику? От маятника Галилея до квантовой гравитации – М.: АСТ; CORPUS, 2013. – 370 с.
19. *Григорьев В. И., Мякишев Г. Я.* Силы в природе. 7-е изд. – М.: Наука, 1969. – 416 с.
20. *Грин Б.* Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М.: Либроком, 2013. – 288 с.
21. *Гулиа Н. В.* Удивительная физика. О чем умолчали учебники. – М.: ЭНАС, 2012. – 416 с.

22. *Дмитриев М. А.* Искушение святого Коперника: ненаучные корни научной революции. – СПб: Издательский дом Санкт-Петербургского государственного университета, 2006. – 281 с.

23. *Дмитриев М. А.* Увещание Галилея. – СПб: Изд. «Нестор-История», 2006. – 380 с.

24. *Докинз Р.* Самое грандиозное шоу на Земле. Доказательства эволюции. – М.: Астрель: CORPUS, 2012. – 496 с.

25. *Дроздова И. В.* Удивительная биология. О чем умолчали учебники. – М.: ЭНАС, 2006. – 208 с.

26. *Еськов К. Ю.* История Земли и жизни на ней. От хаоса до человека. – М.: МИРОС, 1999. – 266 с.

27. *Зельдович Я. Б., Хлопов М. Ю.* Драма идей в познании природы: Частицы, поля, заряды. Библиотечка «Квант». Вып. 67. – М.: Наука, 1988. – 240 с.

28. *Каку М.* Параллельные миры: Об устройстве мироздания, высших измерениях и будущем Космоса. – М.: София, 2008. – 416 с.

29. *Кессельман В. С.* Удивительная история физики. О чем умолчали учебники. – М.: ЭНАС, 2011. – 376 с.

30. *Китайгородский А. И.* Физика для всех. Электроны. – М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1979. – 208 с.

31. *Князева Е. Н., Курдюмов С. П.* Основания синергетики: синергетическое мировидение. – М.: Либроком, 2010. – 256 с.

32. *Койре А.* От замкнутого мира к бесконечной Вселенной. – М.: Издательство «Лого», 2001. – 288 с.
33. *Комаров В. Н.* Новая занимательная астрономия. – М.: Наука, 1983. – 208 с.
34. *Комаров В. Н., Пановкин Б. Н.* Занимательная астрофизика. – М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1984. – 192 с.
35. *Кузнецов Б. Г.* Беседы о теории относительности. – М.: Наука, 1965. – 224 с.
36. *Кун Т.* Структура научных революций. – М.: АСТ, 2009. – 320 с.
37. *Купер Л.* Физика для всех. В 2 т. – М.: Мир, 1973. – 480 с.
38. *Лакатос И.* Избранные произведения по философии и методологии науки. – М.: Трикста, 2008. – 475 с.
39. *Ландау Л. Б., Китайгородский А. И.* Физические тела. – М., 1978. – 208 с.
40. *Ландау Л. Б., Румер Ю. Б.* Что такое теория относительности? – М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1979. – 208 с.
41. *Леенсон И. А.* Удивительная химия. О чем умолчали учебники. – М.: ЭНАС, 2009. – 176 с.
42. *Мёллер К.* Теория относительности. – М.: Атомиздат, 1975. – 400 с.
43. *Моисеев Н. Н.* Быть или не быть... человечеству? – М.: Ульяновский Дом печати, 1999. – 288 с.

44. *Найссер У.* Познание и реальность. – М.: Прогресс, 1981. – 232 с.
45. *Нарликар Дж.* Гравитация без формул / Пер. с англ. С. И. Блинникова. – М.: Мир, 1985. – 148 с.
46. *Николис Г., Пригожин И.* Познание сложного. – М.: Эдиториал УРСС, 2003. – 244 с.
47. *Никонов А. П.* RUSSIAN X-FILES. Сеансы черной и белой магии с разоблачением. – М.: ЭНАС, 2005. – 122 с.
48. *Никонов А. П.* Апгрейд обезьяны. Большая история маленькой сингулярности. – М.: ЭНАС, 2004. – 204 с.
49. *Новиков И. Д.* Эволюция Вселенной. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 192 с.
50. *Олейников А. Н.* Геологические часы. 3-е изд. – Л.: Недра, 1987. – 151 с.
51. *Опарин А. И.* Жизнь, ее природа, происхождение и развитие. – М.: Наука, 1968. – 178 с.
52. *Паркер Б.* Мечта Эйнштейна. В поисках единой теории строения Вселенной. – СПб.: Амфора, 2000. – 333 с.
53. *Пенроуз Р.* Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики. – М.: Эдиториал УРСС, 2003. – 384 с.
54. *Перельман Я. И.* Занимательная физика. Книжки 1 – 2. 19-е изд. – М.: Наука, 1976. – 128 и 272 с.
55. *Петров А. Н.* Гравитация. От хрустальных сфер до кротовых нор. – Фрязино: Век 2, 2013. – 320 с.
56. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса: новый

диалог человека с природой. – М.: Эдиториал УРСС, 2014. – 304 с.

57. *Рейхенбах Г.* Философия пространства и времени. – М.: Либроком, 2009. – 515 с.

58. *Саган К.* Мир, полный демонов: Наука – как свеча во тьме. – М.: Альпина нон-фикшн, 2014. – 537 с.

59. *Соловьев Ю. И.* История химии: Развитие химии с древнейших времен до конца XIX в. – М.: Просвещение, 1983. – 368 с.

60. *Степин В. С., Кузнецова Л. Ф.* Научная картина мира в культуре техногенной цивилизации. – М.: ИФРАН, 1994 – 274 с.

61. *Фейнман Р. Ф., Лейтон Р. Б., Сэндс М.* Фейнмановские лекции по физике. Вып. 1 – 2: Современная наука о природе. Законы механики. Пространство. Время. Движение. Учеб. пособие. Пер. с англ. – М.: УРСС: Либроком, 2013. – 439 с.

62. *Фейнман Р. Ф., Лейтон Р. Б., Сэндс М.* Фейнмановские лекции по физике. Вып. 5. Электричество и магнетизм. Учеб. пособие. Пер. с англ. – М.: УРСС: Либроком, 2013. – 304 с.

63. *Хакен Г.* Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. – М.: Мир, 1985. – 424 с.

64. *Хокинг С.* Мир в ореховой скорлупке. Новейшие тайны Вселенной в кратком и красочном изложении. – СПб: Амфора. ТИД Амфора, 2007. – 218 с.

65. *Хокинг С.* От Большого взрыва до черных дыр. Краткая история времени. – М.: Мир, 1990. – 168 с.

66. *Хокинг С.* Теория всего. Происхождение и судьба Вселенной. – СПб: Амфора, 2009. – 160 с.

67. *Циолковский К. Э.* Грезы о небе. – Тула: Приокское книжное издательство, 1986. – 448 с.

68. *Шкловский И. С.* Вселенная, жизнь, разум. – М.: Наука, 1987. – 320 с.

69. *Эддингтон А. С.* Теория относительности. – М. – Л.: «ОНТИ» Го с. технико-теоретическое изд-во, 1934. – 508 с.

70. *Эйнштейн А., Инзфельд Л.* Эволюция физики. – М.: Наука, 1965. – 327 с.