

Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана

М.Б. Каменарович

**ПРОБЛЕМЫ ПРОСТРАНСТВА
И ВРЕМЕНИ**

Монография

Москва
Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана
2004

УДК 1Ф
ББК 15.11
К18

Рецензенты:

зам. зав. кафедрой ТОРЭ Московского государственного института радиотехники, электроники и автоматики (технического университета), д-р техн. наук, профессор *Н.П. Есаулов*,
Президент КРО НТО «РАПЭ», д-р техн. наук *Б.П. Садковский*

К18 **Каменарович М.Б.** Проблемы пространства и времени: Монография. — М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. — 432 с.

ISBN 5-7038-2522-9

Структура пространства и времени лежит в самой основе как физики, так и нашего опыта восприятия мира.

Современная наука, исследуя пространство и время, предлагает различные гипотезы о происхождении Вселенной в результате «Большого взрыва» или о существовании черных дыр; она приходит к выводу, что под действием гравитационных сил при определенных условиях пространство-время может изменяться до полного исчезновения. При этом все происходит независимо от человеческого сознания.

В монографии предлагается волновая теория пространства-времени, которая позволяет объяснить гравитационные волновые явления с точки зрения движущегося наблюдателя.

Книга может быть привлекательна для всех интересующихся проблемами пространства и времени.

УДК 1Ф
ББК 15.11

ISBN 5-7038-2522-9

© Каменарович М.Б., 2004
© Издательство МГТУ
им. Н.Э. Баумана, 2004

ГЛАВА 1

СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

1.1. Новая физическая картина мира

В современной физике определились тенденции, которые позволяют говорить о том, что складывается новая физическая картина мира. Эти тенденции имеют некоторые параллели с развитием классической механики и ее методологии, и формированием механистической картины мира. Такая параллель, в частности, заключается в существующих сейчас попытках интерпретировать будущую новую картину мира как законченное, единое и единственное физическое знание о мире и методах его получения, что имело место и в случае классической механики и механистической картины мира. Для таких выводов имеются достаточные основания, связанные с интеграционными процессами в современной физике.

Одно из направлений интеграции представляет собой попытку построения теории великого объединения, описывающей общим формализмом электромагнитные, гравитационные, сильные и слабые взаимодействия.

Другое направление, связанное с первым, — слияние космологии и физики высоких энергий в рамках космомикробиологии.

Формируется и третье направление, выраженное в попытках «безмассового», «беспространственного» и «бездвременного» формулирования физических понятий и законов. Третье направление имеет гипотетический характер, становление его лишь начинается, и оно нуждается в самом тщательном анализе. Оно очень перспективно еще и в том смысле, что, видимо, в процессе своего развития

потребуется принципиального, фундаментального изменения всей логики и психологии нашего мышления. Обратим внимание на первые два направления, причем более детально рассмотрим второе, так как сколько-нибудь серьезное его методологическое обоснование пока отсутствует.

Все указанные направления объединительных тенденций в современной физике реализуются преимущественно на основе использования аксиоматического либо гипотетико-дедуктивного метода.

Исследование существующих в физике аксиоматик, проведенное А.Л. Симановым [1], показало, что именно аксиоматический подход дает максимальное число возможностей в создании новых физических теорий, в том числе единых, с новыми формализмами на основе анализа общих физических и методологических принципов, упорядочивающих и обобщающих на первый взгляд различные физические понятия и теории. Для физики в любой аксиоматике всегда существует элемент искусственности в создании аксиоматической базы, поскольку аксиомы выбираются так, чтобы соответствовать теории, а также потому, что появляется необходимость вводить так называемые пустые термины, не имеющие онтологической нагрузки, но гносеологически необходимые для составления аксиоматической системы в соответствии с правилами логики. В дальнейшем эти пустые термины либо получают онтологическую интерпретацию, либо, если таковой найти невозможно, исключаются из системы, их заменяют новые, более адекватные объекту физической теории. Это приводит к изменению исходных аксиом и, как следствие, к разработке новой теории или теоретической концепции, чаще всего альтернативной по отношению к предыдущей.

Аксиоматизированные таким образом физические теории соответствуют обычно тому общему взгляду на единство природы, который господствует в тот или иной период развития физики, а наиболее фундаментальные теории объявляются едиными теориями. На современном этапе развития физики аксиоматическая система требует такого построения физического знания, чтобы все его результаты выступали как строгие математические следствия единой системы аксиом. При этом сами аксиомы (наиболее фундаментальные) зачастую представляют собой систему философских принципов, конкретизированных применительно к физическому знанию. Тем самым философские принципы, определяя в известном смысле

направление развития единой теории, входят в нее конструктивным образом. Все это наиболее отчетливо видно при анализе единой теории поля.

Однако создание единой аксиоматики, охватывающей все физические теории как целое, невозможно из-за бесконечного разнообразия физических явлений, каждая группа которых требует для своего описания специфического математического аппарата. Но попытки создания общих аксиоматических систем в физике необходимо продолжать, так как они имеют большое гносеологическое, методологическое и эвристическое значение, если представлять подобные системы не как нечто окончательное, а как определенный этап развития физического знания.

Считается, что основным направлением развития аксиоматики в контексте построения единых теорий, направлением наиболее правильным и продуктивным может быть создание аксиоматических систем, описывающих не структуру мира (она слишком разнообразна для успешного «стягивания» ее в единый формализм), а процессы, т.е. фактически создание аксиоматики суперсилы. Такая аксиоматика должна строиться не только на основе специфицированных философских принципов — помимо этого она должна базироваться на интерпретации ограниченного числа фундаментальных физических констант, связанных именно с физическими процессами.

Ввиду чрезвычайной сложности, а порой и невозможности (из-за больших энергетических и экономических затрат) эмпирической проверки вытекающих из системы аксиом и новых физических следствий и гипотез, они должны подвергаться прежде всего математическому и формально-логическому анализу, компьютерному исследованию и т.п. — на предмет выявления противоречий и расходимостей. Онтологическая верификация гипотез объединительного плана осуществляется с помощью методологического анализа и анализа выполнимости общефизических законов, закономерностей и принципов.

Сказанное выше мы выделяем как составляющие первой стороны проблемы единства физического знания, проблемы интегративных процессов в физике. Вторая ее сторона связана с выявлением и анализом новых общефизических законов, закономерностей, принципов и понятий.

Как показывает исследование имеющихся сейчас новых физических теорий и гипотез, физический язык в этом контексте развивается в направлении все большего обобщения описаний физических явлений и процессов. Особенно характерно в этом отношении развитие космомикрoфизики. Объединение космологии и физики высоких энергий идет в русле мировоззрения целостности — холизма. Видимо, и это подтверждает проведенный нами анализ, нельзя отделять квантовую реальность от структуры всей Вселенной, а состояние отдельной частицы имеет смысл лишь тогда, когда она рассматривается в рамках единого целого и ее поведение описывается законами, общими не только для всех частиц Вселенной, но и для Вселенной как целого. И здесь надо разрабатывать такой физический язык, который бы соответствовал в равной степени как частице, так и Вселенной. Следовательно, использование методологических возможностей философского знания в данном случае представляется необходимым. Необходим и сам анализ механизма и форм реализации методологической функции философии.

Известно, что методологическая функция философии в физическом познании реализуется прежде всего в конструктивной и нормативно-регулятивной формах, так как физика с самого начала вынуждена использовать внетеоретические, философские положения именно в силу предельной общности понятий, лежащих в ее основании (пространство, время, однородность и др.). Это, однако, не означает, что физические теории, независимо от степени их общности, включают эти понятия в свою структуру в их философском виде. «Вхождение» философских категорий принципов и законов в концептуальный аппарат теории определяется спецификой предмета познания. Налагаясь «матрицей» на философские категории, принципы и законы, этот предмет «вычленяет» из их содержания то, что конструктивно входит в круг интересов теории, составляет основу ее содержательной структуры. Так, например, в космологии вычленяются физико-геометрические свойства пространства, принцип всеобщего и универсального взаимодействия применяется лишь к явлениям, происходящим в пределах светового конуса, закон отрицания конкретизируется при изучении последовательных этапов генерации многообразия элементарных частиц с «помощью» скалярного поля и т.п.

В то же время философское содержание категорий, принципов и законов обуславливает их нормативно-регулятивную форму. В этой форме философские категории, принципы и законы входят в теорию через физическую картину мира, которая с их помощью определяет методологию конкретно-научного исследования. И чем детальнее конкретизация философских представлений, чем корректнее и совершеннее сама философия, тем корректнее конструктивная и нормативно-регулятивная формы реализации ее методологической функции. Эти рассуждения можно отнести и к прогностической форме реализации методологической функции философии. Весьма показательным является использование принципа причинности, в частности в космологии в контексте включения в ее исследования квантовой методики в рамках великого объединения. Так, не считаются удачными те представления, которые приводят к нарушению принципа причинности, даже если они и обладают математическим формализмом, имеющим удовлетворительные следствия для дальнейшего развития теории. Отсюда вытекает требование поиска соответствующих конкретно-теоретических представлений с формализмом, отвечающим принципу причинности, но в силу квантовых эффектов — неклассической интерпретации этого принципа.

Следует отметить, что развитие философских представлений, уточнение, углубление содержания философских категорий, принципов и законов должны не просто и не только следовать за развитием естественнонаучных теорий, но и опережать его. В противном случае философия будет выступать методологией научного познания «постфактум», следуя за развитием науки на уровне обобщений конкретно-научных достижений.

Философия должна не только обобщать, но в известных пределах и направлять развитие физического познания, в частности, и научного — в целом, предоставляя ему соответствующую развернутую методологическую базу. Это также позволит философии стать основой для успешного решения проблем интеграции физического знания, что определяет третью сторону развития интегративных процессов в физике.

Еще одна сторона интегративных процессов в физике связана с анализом структур и языка стандартных разделов физики и поиском общего для них. Традиционно физика делится на довольно самостоятельные разделы: классическую механику, оптику, элек-

ромагнетизм, термодинамику, статистическую физику, квантовую механику, атомную и ядерную физику и т.д. За этим в известной степени искусственным разделением не видно согласования разделов физики друг с другом. Так, например, второй закон термодинамики, традиционно связываемый с ограниченным классом явлений и процессов (тепловых), может рассматриваться как один из наиболее общих законов, которые управляют всеми процессами в природе. Сейчас выясняется, что все вновь открываемые вещества и виды взаимодействий неизменно подчиняются этому закону.

1.2. Проблема объединения

Видимо, анализ всех физических законов и принципов с позиций возможной их общности для все более широкого класса явлений и процессов позволит выявить новые законы или дать более обобщенную формулировку законам классическим. Такой анализ целесообразно проводить на основе выделения роли и места в законах фундаментальных физических постоянных как своеобразных законов сохранения универсального плана. Видимо, количество этих фундаментальных постоянных необходимо пересмотреть, поскольку имеются возможности их переформулирования друг через друга или через постоянные, имеющие более глубокий смысл и физически более содержательные. Очевидно, это подтверждает известный тезис о всеобщей гармонии природы, базирующийся на представлении об ограниченном числе возможностей существования воспринимаемого нами мира, т.е. на принципе простоты.

Анализируя теорию великого объединения, философия позволяет дать ей методологическое обоснование и сформулировать методологические проблемы космофизики. Как известно, развитие теории великого объединения носило и носит гипотетико-дедуктивный характер. Основная цель создания этой теории — унифицировать представления о силах взаимодействия между элементарными составляющими нашего мира. Первые попытки такой унификации были предприняты А. Эйнштейном, который стремился создать теорию, объединяющую электромагнитные и гравитационные силы на основе геометрического представления пространства-времени. Однако при построении своей теории Эйнштейн не учел множество не из-

вестных современной ему науке факторов, и прежде всего существование сильных и слабых ядерных взаимодействий. Поэтому его попытки оказались безуспешными в смысле создания единой теории поля, но весьма полезными с точки зрения методологии.

Напомним, что сильное взаимодействие связывает протоны и нейтроны в ядре, а слабое ответственно за бета-радиоактивность. Обе эти силы действуют на значительно более коротких расстояниях, чем гравитационная и электромагнитная силы: сильное взаимодействие — на расстояниях порядка 10^{-13} см и слабое — на расстояниях 10^{-15} см. Переносчиками слабого взаимодействия являются промежуточные векторные бозоны, сильного — глюоны, электромагнитного — фотоны и гравитационного — гравитоны.

Была выдвинута гипотеза, послужившая основой для объединения представлений о слабом и электромагнитном взаимодействиях в теорию электрослабого взаимодействия. Суть этой гипотезы состояла в том, что если связь между двумя названными взаимодействиями существует, то слабые силы, как и электромагнитные, должны быть калибровочными [2, с.178, 198, 200–201]. Следствием данной гипотезы, вытекающим из математических соображений, было предположение о необходимости существования триплета промежуточных частиц, из которых одна частица заряжена положительно, вторая — отрицательно, а третья — нейтральна. Основу электрослабой фундаментальной силы в таком случае составляют указанный триплет и фотон, представляющие собой разные проявления этой силы. Однако потребовалось постулировать существование еще одной частицы, ответственной за нарушение симметрии между бозонным триплетом и фотоном. Такую частицу назвали частицей Хиггса. Кроме того, формализм теории привел к предсказанию существования нового кварка и его партнера.

Этапом к унификации сил стали попытки объединить электрослабое и сильное взаимодействия в единую электроядерную силу. Здесь основная идея также заключалась в использовании концепции калибровочной симметрии, связывающей интенсивность взаимодействия с зарядом. В случае сильного взаимодействия в качестве подобного заряда выступает так называемый цветовой заряд, которым обладают кварки и глюоны. Он является своеобразным аналогом электрического заряда. Но если электромагнитное поле создается зарядом только одного вида, то глюонное поле требует для своего

создания три различных цветовых заряда — красный, синий и зеленый. Источником же сильного взаимодействия являются кварки.

Требование локальной калибровочной симметрии — инвариантности относительно изменений цвета в каждой точке пространства — привело к необходимости введения представления о компенсирующих силовых полях. Математический формализм позволяет на этой основе вывести гипотезу о существовании восьми таких полей, переносчиками которых являются глюоны. Значит, должно быть восемь различных типов глюонов. Тем самым сильное взаимодействие значительно отличается от электромагнитного, переносчиком которого является фотон, и слабого, имеющего трех переносчиков. Другое отличие заключается в усилении сильного взаимодействия при увеличении расстояния между кварками, тогда как остальные взаимодействия при увеличении расстояния между частицами ослабевают. Развитие квантовой хромодинамики позволило понять физику данного явления. Эксперименты же косвенно, а в ряде случаев и непосредственно подтверждают истинность теоретических построений квантовой хромодинамики, имеющей гипотетико-дедуктивный характер. Таким образом, можно считать, что и в случае сильного взаимодействия, так же как и в случае электромагнитного и слабого, мы имеем описание его на основе калибровочных полей. Такая общность исходных методов построения теорий позволила начать поиски объединения этих трех взаимодействий в великое единое взаимодействие. Поиски привели к появлению нескольких конкурирующих теорий великого объединения, основанных на одной и той же идее — идее единой симметрии. Это еще раз подтверждает большую эвристическую значимость методологического принципа симметрии.

Существенно общим моментом всех теорий великого объединения является то, что кварки и лептоны включаются в единую теоретическую схему [3, с.142–143]. Кроме того, использование калибровочной симметрии снова чисто теоретически требует увеличения числа компенсирующих полей, обладающих свойством превращать кварки в лептоны, и соответствующего им числа частиц, также включаемых в эту теоретическую схему.

Само же разнообразие теорий великого объединения определяется разными возможными математическими подходами, осуществляемыми на основе общей, единой идеи. Они дают различные

следствия, эмпирическая проверка которых позволила бы выбрать наиболее адекватную теорию. Однако прямые эксперименты невозможны, во всяком случае в обозримом будущем, так как они требуют неимоверно огромной энергии: предполагаемая энергия унификации электрослабого и сильного ядерных взаимодействий должна быть, по некоторым теоретическим расчетам, не менее 10^{15} ГэВ. Такие значения величин энергии находятся далеко за пределами нынешних наших возможностей проверить их. Существуют более реальные, но в известном смысле и более косвенные возможности проверки. Речь идет о том, что в ряде теорий великого объединения предполагается нестабильность протона, но время его жизни оценивается по-разному. Если бы удалось экспериментально обнаружить явление распада протона и определить время его жизни, то можно было бы выбрать предпочтительную теорию. Кроме того, обнаружение магнитного монополя и определение его характеристик также способствовали бы решению проблемы выбора теории великого объединения. Но достичь этих результатов, во всяком случае с достаточной достоверностью, пока не удалось.

Теоретически, на гипотетико-дедуктивной основе, удалось объединить три вида фундаментальных взаимодействий (электромагнитное, слабое и сильное) в единую теоретическую схему, имеющую несколько вариантов. Были получены и определенные эмпирические результаты, подтверждающие, по меньшей мере косвенно и по отдельным позициям, истинность пути создания объединенной теории. Остается построить суперъединую теоретическую схему, включающую в себя еще и четвертое фундаментальное взаимодействие — гравитационное, и тогда объединение всех известных нам фундаментальных взаимодействий в единую теорию будет завершено. Но эта последняя задача оказалась самой сложной. И основная сложность заключается в необходимости унификации вещества и сил, т.е. фермионов и бозонов. Кроме того, если первые три взаимодействия можно представить в виде силовых полей в пространстве и времени, то гравитация сама есть пространство и время, как утверждает общая теория относительности. Это обстоятельство создает весьма серьезные трудности при любых попытках квантования гравитационного поля.

Введение калибровочной инвариантности позволило, в свою очередь, представить гравитацию как калибровочную силу, соответствующую такой суперсимметрии. Созданная на этой основе тео-

рия гравитации, названная супергравитацией, дала базу для суперобъединения. Супергравитация отличается от обычной гравитации тем, что в качестве переносчиков взаимодействия выступает суперсимметричное семейство частиц, а не одна частица — гравитон.

Фактически суперсимметрия есть расширение пространственно-временных симметрий. Действительно, обычное пространство в теории относительности обладает симметрией относительно группы Лоренца–Пуанкаре. Но математически можно построить такие симметрии, для которых эта группа является лишь подгруппой множества пространственно-временных симметрий. Отсюда следует вывод о необходимости расширения представлений о пространстве до некоторого суперпространства. И здесь возможны различные варианты построения таких суперсимметрий. Наиболее распространенной сейчас является суперсимметрия, которой соответствует пространство с восемью измерениями. Именно эта теория содержит единый формализм, описывающий и переносчиков всех фундаментальных сил, и вещество, т.е. и бозоны, и фермионы как единый мультиплет возможных физических состояний, значительно расширяя их число по сравнению с теорией электрослабого взаимодействия и теориями великого объединения. Иными словами, эта теория предполагает, что должны существовать один гравитон со спином 2; восемь гравитонов со спинами $3/2$; 28 частиц со спинами 1; 56 частиц со спинами $1/2$ и 70 частиц со спинами 0. Но оказалось, что в число всех этих частиц не входят уже известные нам бозоны — переносчики электрослабого взаимодействия и не включаются все кварки и лептоны.

Для решения этой проблемы пришлось воспользоваться предположением о существовании еще более элементарных форм материи, чем известные нам элементарные частицы, — реонов, каждый из которых несет по одному из известных нам фундаментальных зарядов: трех цветовых, двух по аромату и трех, соответствующих различным семействам [2, с.198, 200–201]. Такой ситуации отвечает супергравитация уже в одиннадцати измерениях, которая эквивалентна четырехмерной расширенной супергравитации, содержащей расширенную внутреннюю симметрию для восьми электроядерных зарядов. На этом пути получены весьма обнадеживающие результаты, но эмпирическая проверка их невозможна, так как унификация такого рода может осуществляться при планковской

энергии — энергии порядка 10^{19} ГэВ, а это уже масштабы космологической энергии.

Таким образом, мы переходим с уровня элементарных частиц на уровень Вселенной. И единственный возможный сейчас метод проверки теорий великого суперобъединения — использование наблюдательных данных из области космологии. Именно на ранних стадиях развития Вселенной (около 10–15 млрд лет назад) взаимодействия происходили с такими же огромными величинами энергий. Результатом этих взаимодействий является современный вид Вселенной. И экстраполяция современных наблюдательных космологических данных в далекое прошлое, позволяя восстановить это прошлое, одновременно дает возможность проверять истинность теорий великого объединения. Иными словами, любая современная теория или гипотеза из области физики высоких энергий должна проходить «космологическую проверку», позволяющую отбрасывать те представления, которые не выдерживают такого испытания. Но здесь возникает важная методологическая проблема, которую можно сформулировать в виде вопроса: а не проверяем ли мы одно неизвестное через другое неизвестное?

Дело в том, что основным источником наблюдательных космологических данных являются исследования электромагнитного фонового излучения, имеющего космологическую природу, а также структуры Вселенной в больших масштабах (~1 Мпк). Но экстраполяция в прошлое Вселенной, проводимая на основе этих данных, вынужденно базируется на теоретических и экспериментальных результатах физики высоких энергий, так как ранняя Вселенная представляла собой горячую плазму, состоящую из частиц и античастиц. Сверххранное же состояние Вселенной можно описать только с помощью великого суперобъединения. Таким образом, решение указанной методологической проблемы возможно лишь на пути создания такой теории, которая описывает не только микромир в целом (теория великого суперобъединения) или мегамир (Вселенную) в целом (космология), но и то и другое вместе, т.е. фактически на пути создания новой фундаментальной науки — космомикрoфизики (название не вполне устоявшееся) [4, с.50]. В этом случае теория великого суперобъединения, как и космология современного состояния Вселенной, является частью новой, более общей теоретической

конструкции, предлагающей нам единую картину единого физического мира.

Разработка такой единой физической теории ставит перед исследователями ряд сложных методологических проблем. И одной из наиболее существенных является проблема соотношения этой теории с реальностью. Речь идет о том, что возникает соблазн (и в известной степени небезосновательный на данном этапе развития научного познания) считать эту теорию последней физической теорией, которая представляет собой синтез теорий, выявляющий все фундаментальные взаимодействия, и космологии современного состояния Вселенной, описывающей все происходящие сейчас астрономические и астрофизические процессы. Предполагается, что этот синтез позволит описать прошлое, настоящее и будущее мира в целом. И тем самым мы будем знать все о нашем мире (лапласовский идеал познания). А такая физическая теория будет совпадать с физической реальностью. Если бы это случилось, мы приобрели бы абсолютную власть над природой — смогли бы по своему желанию создавать или превращать частицы, менять структуру пространства и времени, создавать новые миры.

Можно предположить, что для построения этой теории достаточно разработать подход к описанию космологических явлений с помощью квантования Вселенной как целого (квантовой космологии), проанализировать в рамках современной квантовой теории (теорий супергравитации, Калуцы–Клейна, суперструн и др.) представления о локальной структуре пространства-времени и глобальной структуре Вселенной, решить еще ряд проблем более частного порядка [4, с.47]. Уместно вернуться к исторической аналогии, связанной с развитием классической физики. Тогда также казалось, что классическая физика, и прежде всего классическая механика, решив ряд, на первый взгляд, «мелких» проблем, даст нам окончательное знание о мире. Однако в процессе анализа этих «мелких» проблем в дальнейшем появились теория относительности и квантовая механика, которые полностью разрушили классическую картину мира. Уроки истории физики должны все-таки научить нас крайне скептически относиться к мыслям о возможности получения окончательного и полного знания о физическом мире.

Первые признаки возрождения тенденции построения единого знания о реальности появились в период расцвета «классической»

физики элементарных частиц. В 1964 году В. Вайскопф заявил: «Нам хотелось бы объяснить все известные явления единым образом, и с этой точки зрения все науки в конечном счете представляют собой разделы физики» [5, с.513]. Одной из попыток создания такой теории была разработка В. Гейзенбергом единой полевой теории элементарных частиц.

Фактически Гейзенберг предложил все физические законы сформулировать с помощью одного уравнения. Отвечая критикам, он утверждал, что «требование универсальности обусловлено не претенциозностью программы — оно с необходимостью следует из того, что элементарные частицы являются мельчайшими элементами материи... Единая теория поля должна служить рамками для всех физических явлений» [6, с.188]. Но в то же время «следует подчеркнуть, что фундаментальное уравнение не определяет законы во всех других областях физики полностью. Например, пока не добавлено специфическое предположение об асимметрии основного состояния, т.е. о космологической модели мира, электромагнитные законы из уравнения не следуют. Аналогично радиоактивность и гравитация, вероятно, связаны со структурой мира на больших расстояниях. В какой-то мере граничные условия, касающиеся основного состояния, являются довольно гибкими, и их нужно привести в соответствие со свойствами реального мира; эта процедура отнюдь не тривиальна» [6, с.188]. Но ее нетривиальность не означает невозможности, так что, преодолев соответствующие трудности, мы, как можно заключить из слов Гейзенберга, имеем шанс создать единую теорию мира (в данном случае опирающуюся на единую теорию элементарных частиц).

В 50-е годы XIX века Дж. Максвелл разработал теорию электромагнетизма, описав как целое электричество и магнетизм. Далее открытие слабого взаимодействия привело к созданию в 1967 году А. Саламом и С. Вайнбергом теории электрослабого взаимодействия, описывающей единым формализмом электромагнитное и слабое взаимодействия. Теория получила надежное подтверждение в 1983 году благодаря открытию W - и Z -частиц.

Существует несколько вариантов теорий великого объединения, включающих описание сильного взаимодействия. Эмпирических данных, позволяющих сделать окончательный выбор, пока нет, но их с нетерпением ожидают в связи с пуском новых сверхпроводя-

щих суперколлайдеров. Сейчас быстро растет число теоретических предпосылок для сверхобъединения всех фундаментальных взаимодействий (включая гравитацию) в единую суперсилу, что позволит, по мнению некоторых исследователей, создать единую космофизику, описывающую физическую реальность. Уверенность в благополучном исходе исследований настолько велика, что С. Хокинг видит в этой теории кульминацию теоретической физики: такая теория и есть сама реальность. Более осторожный П. Девис утверждает, что «подобно многим заманчивым образам единая теория может оказаться миражом, но впервые за всю историю науки у нас складывается представление о том, как будет выглядеть законченная научная теория всего сущего» [3, с.161].

Практически имеются теории, претендующие на создание конечной теории мира. Отрицательное отношение к подобным теориям выражается ограничением числа фундаментальных взаимодействий (четыре).

Тахионная гипотеза и возможный выход теоретических представлений о мире за пределы такой постоянной, как скорость света, вводимой, строго говоря, аксиоматическим образом, приводят к предположению о возможности существования других видов фундаментальных взаимодействий. Данная проблема обостряется и в связи с нерешенностью проблемы количества пространственно-временных измерений. Действительно, проблема постоянства скорости света, которая в известной степени сейчас выпала из поля зрения исследователей, тем не менее остается в принципе нерешенной: неизвестно, существует ли зависимость скорости света от направления его распространения; не выяснены вопросы, какова причина именно такого значения величины скорости света, каков механизм ее постоянства, если она постоянна, и т.д. Любой ответ на эти вопросы может принципиально изменить существующие сейчас физические подходы. Что касается числа пространственных измерений (речь идет о реальном пространстве), то решение этой проблемы может еще более кардинально изменить физическую картину мира.

Есть много фактов, которые на первый взгляд подтверждают трехмерность пространства: известно, что орбиты планет устойчивы в пространстве с числом измерений, не превышающем трех, атомы устойчивы также только в четырехмерном пространстве-

времени и т.д. Но существуют силы, которые не описываются обратной пропорциональностью квадрату расстояния, как гравитационные и кулоновские, и предполагают существование пространств с большим числом измерений. Для создания же непротиворечивой теории, объединяющей описание мега- и микромира, необходимо, чтобы в масштабах 10^{-33} см размерность пространства-времени составляла $N=10+1$. Если масштабы значительно большие, то мы наблюдаем пространство-время с $N=3+1$, а остальные измерения скомпактифицированы (свернуты) в 7 сфер. Свернуть многомерные пространства можно различными способами, и чем больше число измерений, тем больше вариантов свертывания, тем больше набор возможных топологий. Но вместе с тем возможны и достаточно непротиворечивые варианты физики мира, в котором реализуется пространство-время с $N=9+1$. Эта возможность связана с моделью Вселенной, составленной из мини-вселенных, а также с развивающейся сейчас физикой суперструн.

1.3. Роль антропного принципа

В последнее время с помощью антропного принципа пытаются решить вопрос о количестве измерений пространства. Антропный принцип был сформулирован на основе анализа так называемой гипотезы больших чисел. Исследуя проблемы фундаментальных физических постоянных, таких как, например, гравитационная постоянная, П. Дирак предположил, что их величины обусловлены возрастом фридмановской вселенной.

Р. Дикке выдвинул предположение, что если не будет совпадения больших чисел, выявленного Дираком, то не будет и физиков, размышляющих над этой проблемой. Иными словами, только при совпадении больших чисел возможно существование нашего мира. Б. Картер сформулировал этот тезис в виде слабого и сильного антропных принципов. Слабый антропный принцип утверждает, что наше положение во Вселенной с необходимостью является привилегированным в том смысле, что оно должно быть совместимо с нашим существованием как наблюдателей. В соответствии с сильным антропным принципом, Вселенная (и, следовательно, фундаментальные параметры, в том числе и фундаментальные взаимодействия, от

которых она зависит) должна быть такой, чтобы в ней на некотором этапе ее эволюции допускалось существование наблюдателей.

По мнению А.Л. Симанова, из механизма введения антропного принципа в научный оборот и его формулировок можно видеть, что он не соотносится с каким-либо природным процессом или их группой, т.е. не имеет онтологической нагруженности. Кроме того, в основе этого принципа лежат представления о фундаментальных постоянных, которые, как утверждают большинство его сторонников, якобы определяют вид Вселенной. Мы же считаем, что, наоборот, вид Вселенной определяет эти постоянные. Следует учесть и тот факт, что гипотеза больших чисел трактует взаимосвязь постоянных, не учитывая того, что любое их изменение должно вызывать соответствующие изменения связанных с ними законов, и наоборот, а это приводит к новому миру с новой физикой. Но фиксировать изменения такого рода наблюдателю будет, видимо, чрезвычайно сложно, так как они вызовут изменения и самого наблюдателя, и результатов наблюдений, и снова (и одновременно) мир наблюдателя будет для него естественным (если, конечно, не исчезнет сам наблюдатель). Проблема же фундаментальных взаимодействий и фундаментальных постоянных возникнет снова. Да и наличие космологической сингулярности подрывает утверждение о такой уникальности нашей Вселенной, а тем самым и антропный принцип.

Наконец, в анализе проблемы соотношения космофизики как максимально мыслимой теории и реальности следует выделить еще один аспект, имеющий методологическое значение. Речь идет о роли наблюдателя, но не в контексте антропного принципа, а в контексте представления наблюдателя как познающего субъекта. В более узкой части этой проблемы речь может идти о триаде человек–прибор–объект наблюдения. Как выяснилось еще в квантовой механике, мы фактически наблюдаем не сам реальный объект, а результат его взаимодействия с прибором. В таком случае можно сформулировать проблему в более общем плане: не сказывается ли присутствие активного познающего субъекта на состоянии всей Вселенной? Тем более, что состояние Вселенной (по меньшей мере такого ее фрагмента, как Солнечная система) сказывается на человеке и его самочувствии, а это предполагает наличие обратной связи. Таким образом, создаваемая исследователем теория, видимо, относится не к чистой

онтологии, а к ее преломлению через призму человеческой сущности.

Следовательно, необходимо предположить, что в нашем случае мы также будем иметь теорию, не совпадающую однозначным образом с онтологией. Все это позволяет сделать вывод о необходимости поиска законов более фундаментального порядка, так сказать, законов второго уровня, которые определяют и известные сейчас фундаментальные взаимодействия, и законы этих взаимодействий, т.е. речь идет о выходе на второй уровень познания (если первым считать все предшествующее созданию единой космомикрoфизической теории и саму теорию познания). На этом уровне познания можно будет выявить причины существования именно четырех фундаментальных взаимодействий, суперсилы, их объединяющей, и значение фундаментальных констант. Но здесь нам нужна принципиально иная методология, черты которой в самом общем, прикидочном виде уже намечаются.

Другой важной проблемой в космомикрoфизике, связанной с ее методологическим обоснованием, является проблема целостности. Уже было отмечено, что великое объединение описывает единой теорией локальное взаимодействие, космология — глобальное, а космомикрoфизика ставит своей целью установить связь между локальным и глобальным в системе взаимодействий. Разрешение парадокса Эйнштейна–Подольского–Розена в пользу признания нелокальности квантовых состояний позволяет использовать методологию холизма, требующую понимать свойство отдельной физической системы через понимание всего мира. Иными словами, состояние отдельной частицы имеет смысл только в контексте состояния Вселенной. В этом отношении представления о разделении материи «первоатома» в процессе Большого взрыва, родившего нашу Вселенную, на различного рода частицы и поля выглядят, несмотря на свою убедительность и известную эмпирическую обоснованность, несколько искусственными, а более соответствующими объективной реальности являются представления о Вселенной и микромире как целом, содержащем части, которые сами представляют собой это целое. Космомикрoфизика в таком случае должна представлять свой объект исследования не как глобальную совокупность физических объектов и взаимодействий между ними, составляющих Вселенную, а как непрерывное целое.

Для человека характерно стремление распространять, экстраполировать на весь мир законы, выведенные из анализа непосредственно (либо опосредованно — через приборы) воспринимаемого им мира. Мышление человека предметно в смысле вещиности и поэтому дискретно, так как дискретны сами вещи. Логика и математика раскрывают связи между вещами, поэтому они также дискретны, построены по принципам «да — нет», « $1+1=2$ ». Здесь фактически нет места непрерывному целому. Возможный выход из данной гносеологической ситуации может лежать в утверждении процессуального мира, в построении картины мира как процесса. Тогда, например, можно попытаться построить непрерывную логику по аналогии со сложением токов: сложение одного тока с другим дает не два тока, а один ($1+1=1$). Это будет логика развивающихся объектов, а в математике мерность пространства решений не обязательно будет целочисленной. Видимо, придется пересмотреть и идею дискретности квантовых переходов, и идею непрерывности пространства с целочисленными значениями измерений.

Как следствие, может быть изменена интерпретация причинности. Примером может служить временная асимметричность в космологии. Исследование этой проблемы — одна из задач космомикрофизики. Традиционное ее решение уже сейчас не выглядит в полной мере удовлетворительным. Дело в том, что исходные принципы решения данной проблемы в пользу временной последовательности из прошлого через настоящее в будущее опираются на постулаты специальной теории относительности. Последние, в свою очередь, связаны с описанием электромагнитных взаимодействий, которые, хотя и представляют собой широкий класс физических взаимодействий, не универсальны в полном смысле этого слова. Кроме того, недостаточно обоснованы сами постулаты. Это касается прежде всего постулата предельности скорости света. Здесь можно возразить, что если обоснованы и эмпирически подтверждены следствия, то обоснованы и сами постулаты. Но это не так: обоснование истинности постулата можно считать удовлетворительным, если мы знаем физический механизм, лежащий в его основе и являющийся следствием других процессов, описываемых теорией более высокого уровня, чем та теория, в основе которой лежит данный постулат. Иначе говоря, постулат можно считать доказанным, если он является следствием теории с большим полем действия.

Следовательно, нельзя утверждать, что классическая специальная, да и общая теория относительности доказывают необратимость времени, а тем самым и космологическую временную асимметричность. Скорее всего, наблюдаемая нами асимметричность является частью какой-то более высокой симметрии, что соответствует методологическому принципу симметрии.

Современные неклассические теории гравитации допускают локальную обратимость времени. В качестве примера можно привести гипотезу о возможности существования нешварцшильдовских топологических ручек, где возникает проблема глобальной причинности. Дело в том, что свет может попадать по ручке в удаленные друг от друга области пространства за сроки, с точки зрения пространства ручки, несовместимые с фундаментальной скоростью распространения в нем сигналов. На основе этой идеи высказывается предположение о возможности создания «машины времени» (К. Торн, И.Д. Новиков и др.), позволяющей путешествовать в прошлое.

Кроме того, сценарий раздувающейся Вселенной допускает существование сильных флуктуаций метрики пространства Вселенной. Флуктуации, в свою очередь, приводят к разбиению Вселенной на большие области, находящиеся в различных состояниях. Свойства пространства-времени в этих областях будут различными. Таким образом, глобальная геометрия Вселенной отличается от геометрии фридмановских вселенных, представляющих собой мини-вселенные с разными свойствами, а законы в них могут быть взаимоисключающими. Топологические ручки могут связывать эти вселенные друг с другом, что «снимает» в определенной степени остроту проблемы глобальной причинности, сводя ее к относительно локальным представлениям о причинности. И здесь возможны, видимо, случаи локального обращения времени, связанные с обращением временного порядка событий, происходящих в некоторых системах отсчета. Но отсюда возникает идея существования неких «избранных» систем отсчета (по отношению к каким-либо событиям). Нарушается принцип относительности Эйнштейна.

Природа подсказывает нам великое множество вариантов объяснения и описания мира, и нельзя априори отбрасывать те из них, которые нам не нравятся по тем или иным причинам. Толерантность и плюрализм как методологический принцип здесь суть обязательные условия достижения нашей общей цели — познания мира.

Таким образом, методологическое обоснование космомикрофизики лишь на первый взгляд выглядит простым и тривиальным, достаточно только признать принцип всеобщей универсальной взаимосвязи. Однако ситуация здесь гораздо сложнее. Если мы будем конкретизировать этот принцип, с одной стороны, и пойдем дальше конкретных методологических требований гипотетико-дедуктивного подхода, ставшего классическим в современной физике, — с другой, то выйдем на новые методологические представления. Причем они предполагают не только коренное преобразование мировоззрения, логики и психологии исследователя, но и уточнение предмета и объекта космомикрофизики, направленности ее развития. Перед нами вырисовывается и новая конкретно-научная программа, и новая методологическая парадигма.

Новая парадигма предполагает, на наш взгляд, создание космо-микрофизики как науки не о предметах, а о процессах. Начавшись с описания фундаментальных структур микро- и мегамира, их взаимосвязи, она должна перейти к изучению процессов, формирующих эти структуры и взаимосвязи. И здесь необходимо учесть и заново проанализировать роль и содержание фундаментальных физических констант, особенно с точки зрения их взаимосвязи: возможно ли такое сочетание констант, при котором значения каждой из них отличаются от общепризнанных, но структура мира остается такой, какой мы ее наблюдаем. Дело в том, что есть известные основания сомневаться в постоянстве ряда констант, в частности, постоянной тяготения. Именно процессуальный подход позволит, по нашим первым прикидкам, построить теорию, в которой роль этих констант меняется с ведущей на вспомогательную, поскольку такой подход предполагает выделение глубинных процессов, определяющих константы. В рамках же классической физики считается, что константы сами определяют процессы: процессы таковы потому, что таковы константы.

Другое фундаментальное методологическое требование связано с разработкой подходов к описанию космологических явлений с помощью квантования Вселенной как целого (холистический подход). Одновременно с этим необходимо будет решить проблему мерности пространства, структуры пространства-времени на всех уровнях — микро-, макро- и мегауровне. Но, повторим, здесь необходимо кардинально изменить нашу логику.

ГЛАВА 2

ПРОСТРАНСТВО

2.1. Геометрия и пространство

Первой конкретно-научной концепцией пространства является евклидово представление в форме евклидовой геометрии. В древности геометрия складывалась как наука о непосредственно наблюдаемом пространстве. Первые геометрические понятия формировались на основе удовлетворения практических потребностей — потребности в определении емкости сосудов, амбаров, в измерении площадей участков. Поскольку характеристики объемов и площадей, на первый взгляд, не зависят от материала, из которых состоят предметы, его химических, физических и других свойств, от них абстрагируются, учитывая лишь пространственные свойства предметов. Появляются первые абстрактные представления о геометрической точке, линии и поверхности. Точка лишена всех измерений, линия — толщины и ширины, поверхность — толщины. В III веке до нашей эры Евклид завершил создание своей геометрии, которая господствовала в науке около трех тысячелетий и в практически неизменной форме дошла до нашего времени.

Основные аксиомы евклидовой геометрии [7, с.46]:

- 1) между двумя точками можно провести одну и только одну прямую;
- 2) эта прямая есть кратчайшее расстояние между точками;
- 3) через любую точку, лежащую вне прямой, можно провести одну и только одну прямую, параллельную данной.

Обыденная практика подсказывает, что эти аксиомы совершенно очевидны и не требуют специального геометрического либо ка-

кого-то другого математического доказательства. Но эта очевидность кажущаяся. Дело в том, что доказательство (в той или иной форме) аксиом евклидовой геометрии будет означать единственность ее, по меньшей мере, для человеческого мира.

Повышенный интерес к евклидовой геометрии возрос после того, как Герман Минковский предложил геометрическую интерпретацию специальной теории относительности. В наши дни знакомство с теорией относительности стало необходимым элементом общего образования, однако преподавание и понимание этой теории до сих пор затруднено тем, что ее математическое описание находится в противоречии с теми представлениями о пространстве и времени, которые базируются непосредственно на чувственных восприятиях и закрепляются в процессе изучения классической физики. Геометрия мира Минковского остается для неспециалистов труднодоступной абстракцией. Чтобы развить представление о псевдоевклидовом пространстве, прежде всего требуется понятие абстрактного линейного пространства, умение различать линейные и метрические свойства пространства. Эти понятия являются исходными для построения геометрической теории. Без достаточно свободного владения ими и связанным с ними алгебраическим аппаратом нельзя преодолеть привязанность к привычной наглядности образов и проникнуть в мир форм, скрытых от непосредственного зрительного восприятия.

Открытиями Коперника, Галилея, Кеплера, Ньютона заложен фундамент стройного естественнонаучного мировоззрения, которое позволило глубоко проникнуть в сущность вещей. Но на определенном этапе развития физической теории и точного эксперимента стали обнаруживаться расхождения между ними, свидетельствующие о наличии принципиальных недостатков в исходных теоретических предположениях. Первоначально осознание этих недостатков и внесение поправок в теорию выразилось в постулатах, обобщающих новые экспериментальные факты. Из постулатов Эйнштейна развилась теория относительности, из постулатов Бора — квантовая теория, — два главных направления революции в физике XX века. Эта научная революция, подобно коперниканской, внесла радикальные изменения в наши представления об устройстве мира.

До самого конца XIX века в науке сохранялось убеждение в том, что мировое пространство в своей сущности таково, каким мы его

воспринимаем посредством своих органов чувств. Самые характерные черты чувственно воспринимаемого пространства заключаются в том, что оно имеет три измерения и описывается геометрической теорией Евклида. По современной терминологии оно так и называется: трехмерное собственно евклидово пространство. Но если мировое пространство действительно таково, то расстояния между его точками (размеры и формы тел) должны быть инвариантными, не зависящими от выбора системы отсчета.

Существует легенда, будто властитель Египта Птолемей попросил Евклида изложить геометрию покороче и поскорей, на что Евклид ответил: «В геометрию нет царского пути» [8, с.6]. В наши дни расширение и дифференциация научных знаний сопровождается обобщениями, вскрытием немногих глубочайших понятий и связей между ними, позволяющих строить точное и лаконичное изложение теории. Развитие геометрии в теоретическом направлении идет по пути ее алгебраизации. Видный современный французский математик Густав Шоке пишет: «...сегодня мы владеем простым «царским путем» в геометрию, ведущим через понятия «векторного пространства» и «скалярного произведения»... Евклид положил в основу своей геометрии на плоскости признаки равенства треугольников. Двадцать три века спустя математики определяют плоскость как аффинное пространство размерности 2 с заданным в нем скалярным произведением». Глубина аксиоматических построений, используемых в линейной алгебре, позволяет не только упростить изложение известных геометрических истин, но и открывает новые возможности геометрических представлений. Если мы сможем выразить в немногих математических понятиях и соотношениях все существенные свойства чувственно воспринимаемого пространства, то поймем, как оно устроено.

2.2. Современные представления о пространстве в философии

В связи с развитием естественнонаучного познания мира, в философии, естествознании и прежде всего в физике сложились современные представления о пространстве.

Диалектико-материалистический подход к проблеме пространства, стихийный или сознательный, имеющий свои корни в предшествующих философских и научных системах, позволил создать картину пространства, объясняющую многие проблемы, перед которыми останавливались мыслители прежних эпох.

Представления о диалектическом методе познания и интерпретации явлений и процессов возвращают нас в диалектику немецкой классической философии.

Если Ньютон довел до логического завершения материалистически-атомистическую тенденцию развития представлений о пространстве, то идеалистическую трактовку пространства в наиболее развернутой форме дал Гегель, критически продолжив линию Лейбница и доведя ее с идеалистически-диалектических позиций до логического завершения.

В общем случае для Гегеля пространство — это наиболее абстрактная характеристика инобытия идеи, лишенная каких-либо качественных определений и полагающая истинное во внешней, равнодушной рядоположенности моментов. Тем самым Гегель развивает в объективном направлении мысль Канта о том, что пространство есть «некая нечувствительная чувственность и чувственная нечувствительность». Пространство, считает Гегель, находится в неразрывной диалектической взаимосвязи со временем, движением и материей: «лишь в движении пространство и время действительны», но «точно так же, как нет движения без материи, так не существует материи без движения».

Гегель утверждает диалектическую связь дискретного и непрерывного. Действительно, «если ...говорят о прерывной и непрерывной величинах как о двух особенных, противостоящих друг другу видах величины, то это лишь результат нашей абстрагирующей рефлексии, которая, рассматривая определенные величины, в одном случае оставляет без внимания один, а в другом — другой из моментов, содержащихся в понятии количества в неразрывном единстве». Поэтому, заявляет Гегель, «пространство в одно и то же время и непрерывно, и дискретно», и уточняет — «в себе дискретно». «Пространственное» раскрывается как форма «безразличной» рядоположенности и «спокойного» местопребывания. Иными словами, пространство — статическое образование.

Гегель считает, что, утверждая дискретность-непрерывность пространства, мы тем самым решаем вопрос о его бесконечности. В самом деле, если «пространство ... есть лишь возможность, а не положенность внеположенного бытия и отрицательного, и поэтому оно всецело непрерывно; точка, для-себя-бытие есть поэтому скорее положенное отрицание пространства, а именно положенное отрицание пространства в нем самом», то пространство имеет границу, которая носит характер устойчивого существования. Гениальны его утверждения, что как истиной пространства является время, так пространство становится временем, «...пространство переходит в него».

И для духа не имеют никакой силы определения пространства и времени: он их демиург в процессе своего самопознания.

Современную философию не удовлетворяют человеческие формулировки пространства, которые получили противоречивые и неоднозначные толкования.

Известный интерес представляют рассуждения Гегеля и о континуальности пространства. Критикуя Лейбница, он пишет: «Если же говорят подобно Лейбницу, что пространство является порядком вещей... и что оно имеет своих носителей в вещах, то мы сразу же убедимся, что, если мысленно отбросить вещи, наполняющие пространство, все же остаются независимо от вещей пространственные отношения». В то же время Гегель не согласен и с ньютоновской концепцией пустого пространства: «Мы не можем обнаружить никакого пространства, которое было бы самостоятельным пространством; оно есть всегда наполненное пространство и нигде оно не отлично от своего наполнения».

Пространство, по Гегелю, есть голая форма, некая абстракция — абстракция непосредственной внешности, и оно «всецело непрерывно». Действительно, если то, что наполняет пространство, не имеет ничего общего с самим пространством, если «все здесь находится одно рядом с другим, не мешая друг другу», то пространство есть некая точечность, которая, будучи несуществующей, одновременно является «полнейшей непрерывностью». Следовательно, пространство континуально.

Абсолютный идеализм и стремление к логически замкнутому системотворчеству привели Гегеля к противоречивым выводам не только в целом в его философской системе, но и, в частности, в учении о пространстве. Последовательность развития гегелевской

системы, отражающей этапы развития абсолютного духа в процессе самопознания, привела автора этой системы к утверждению, что движущаяся материя есть порождение единства форм пространства и времени. Следовательно, по Гегелю, пространственные отношения и закономерности не могут зависеть от общих законов взаимодействия материальных объектов.

По мнению А.Л. Симанова, не пространство определяет материю, а наоборот, материя, материальные объекты и закономерные взаимодействия между ними определяют пространство, его структуру и сущность (точнее, формы материи). В противном случае можно заключить, что пространственные отношения первичны, определяют явления природы и несущественны для сферы сознания.

Известно, что критику гегелевской концепции пространства дал Энгельс. Изучение точки зрения Энгельса на пространство позволяет прийти к пониманию сущности элементов современных представлений о пространстве.

Основное и исходное положение диалектического материализма сводится к тому, что все в мире представляет собой различные формы и виды постоянно изменяющейся материи. Причем эти формы и виды постоянно превращаются друг в друга и возникают одни из других, они несводимы к какой-либо одной либо к совокупности простейших форм, которые можно рассматривать в качестве изначальной и неизменной «материи вообще». Свойства материальных объектов обуславливаются их структурой, внутренними и внешними связями и взаимодействиями, что и определяет сам процесс движения объектов как последовательную смену состояний.

Признание первичности материи приводит к выводу, что пространство есть форма существования материи. Без материи эта форма ее существования есть ничто, пустое представление, абстракция, существующая только в нашей голове. Поэтому и невозможно «обонять пространство», но именно возможность абстрактного представления пространства позволяет строить его геометрию, изучая пространственные отношения в отрыве от их носителей — материальных объектов, геометризировать пространство.

Геометрическое представление пространства началось фактически с первых же измерений расстояний и площадей. Первое теоретическое выражение оно нашло в геометрии Евклида, которая пред-

ставляет пространство плоским. Энгельс, кроме указанных свойств пространства, отмечал его трехмерность и континуальность.

С точки зрения Энгельса, пространство не существует самостоятельно и независимо от материи, его нельзя отрывать от протяженных вещей и их взаимного расположения. Основные свойства пространства — его всеобщность, протяженность и координированность его частей.

Координированность частей пространства определяет его структуру, протяженность — топологию. И совершенно очевидно, что закономерности пространства — это прежде всего и только закономерности материи. Но поскольку материя существует в различных формах и видах, постольку и пространство должно быть многообразно по своим видам и формам.

Данный факт определяет еще одно основное свойство пространства — его относительность. Следует сказать, что законы геометрии не зависят от строения материального объекта, но они определяются законами связей объектов, поэтому, ввиду многообразия этих связей, многообразными должны быть и геометрии. Таким образом, можно сделать самый общий вывод, имеющий большое методологическое значение: закономерности пространства относительны и обусловлены, геометрии пространства — многообразны.

Важнейшее свойство пространства — объективность. Признавая существование объективной реальности, т.е. движущейся материи, независимо от нашего сознания, материализм неизбежно должен признавать также объективную реальность времени и пространства.

Названные свойства пространства однозначно вытекают из материальности мира и всеобщего универсального взаимодействия, которые отражены в действительно философских принципах. Никаких других общих свойств из философских соображений, философских исходных посылок и принципов вывести, на наш взгляд, невозможно. Однако в марксистской философской литературе широко распространено мнение, что к основным свойствам пространства можно еще отнести однородность, изотропность и трехмерность. Однородность означает отсутствие в пространстве каких-либо выделенных точек, а изотропность — равноправность всех возможных направлений.

По мнению Симанова, эти свойства пространства нельзя отнести к основным. Дело в том, что они описывают конкретные структуры пространства, а философия может трактовать структуру пространства лишь в самом общем виде. В данном случае к самому понятию структуры подводит признание того, что пространство абсолютно в атрибутивном смысле, т.е. не существует материального объекта без пространственных характеристик. Пространство не представляет собой некой сущности, находящейся вне материальных объектов. Поэтому, когда говорят, что объект движется в пространстве, это означает не более того, что он движется на фоне пространственной определенности другого объекта. Чистого пространства, не связанного с материальными объектами, не существует.

В отношении реального пространства имеет смысл утверждать, что его основными моментами являются место и положение, связанные между собой самым тесным образом. Место представляет собой единство пространственной границы и некоторого объема или протяженности, определяемых этой границей. Положение есть координация одного места относительно другого в том или ином процессе или явлении. Именно в результате различия положений элементов в явлении или процессе возникает определенная система пространственных отношений сосуществования и совместности, т.е. пространственная структура. Поскольку явление или процесс локально-непрерывны, постольку и пространство в их рамках непрерывно и выступает в форме суммарной протяженности элементов, составляющих структуру данного явления или процесса. Но явления и процессы еще и дискретны, поэтому пространственная структура формируется и определенными местами элементов.

Таким образом, диалектика протяженности и дискретности формирует структуру пространства в целом, а многообразие материальных форм приводит к многообразию пространственных структур. И все это вместе определяет неуниверсальность однородности, изотропности и трехмерности, которые нельзя относить к основным свойствам пространства и включать в современную систему философских представлений о пространстве именно в таком качестве. А значит, необходимо исследовать эти свойства только конкретно — научными методами, оставляя за философией мировоззренческое и методологическое обеспечение конкретно-научных исследований.

Для правильного понимания проблемы универсальности основных свойств пространства, что имеет фундаментальное значение для современной философии (в контексте решения проблемы многообразия форм пространства) и науки (прежде всего физики — в контексте решения проблемы структуры пространства как в геометрическом, так и в конкретно-элементном ее представлении), необходимо четко различать пространство реальное, существующее, так сказать, «на самом деле», пространство концептуальное, т.е. некоторое научное представление о реальном пространстве (в основном это физические и математические абстрактные пространства), и пространство перцептуальное (от лат. *perceptio* — восприятие, непосредственное отражение объективной действительности органами чувств), т.е. пространство, как его воспринимает человек своими органами чувств, и прежде всего зрением и осязанием, иными словами, кажущееся пространство, которое, следовательно, может быть индивидуальным.

В известной степени перцептуальное пространство связывает реальное и концептуальное пространства. В начальный период познания мира эти три вида пространства могут сливаться в один, отождествляемый с реальным пространством, что и проявляется в мифологии. С развитием первых философских систем и выделением геометрии на интуитивном уровне происходит постепенное осознание различий между реальным, концептуальным и перцептуальным пространствами. Причем если для философии характерным было отождествление преимущественно реального и концептуального («мыслимого») пространства, то в науке того времени чаще всего отождествлялись концептуальное и перцептуальное пространства.

Отождествление разных видов пространства (в их различном сочетании) характерно и для многих современных исследователей, как философов, так естествоиспытателей и обществоведов. И поскольку реальность познается человеком в процессе теоретической и чувственно-практической деятельности, постольку больше всего «страдает» реальное пространство, точнее, представления о нем.

Как правило, реальному пространству приписываются свойства концептуального и перцептуального пространств, т.е. на него переносятся наши теоретические представления о пространстве и (или) чувственное восприятие пространства.

Такая экспансия «мыслимых» свойств пространства на реальные приводит к искажению содержания самих представлений о пространстве, ибо без коррекции, без учета относительности познания мы отождествляем эти свойства. Поэтому и появлялись в истории познания самые разные представления о пространстве, а некоторые из них даже объявлялись окончательными и максимально полными. Как указывает в связи с этим Рассел, «одной из трудностей, приведших к путанице, было неразличение перцептуального пространства и физического пространства (реального, по нашей терминологии. — Авт.)». Перцептуальное пространство состоит из воспринимаемых отношений между частями восприятия, тогда как физическое пространство состоит из выведенных отношений между выведенными физическими вещами.

Современная философия, констатируя различия между реальным, концептуальным и перцептуальным пространствами, выделяет и общее между ними.

Общее между этими видами пространства — в их соответствии, так как последние два, отражая, моделируют первое. Видимо, одним из основных является их топологическое сходство: между точками реального и перцептуального пространств существует взаимоднозначное соответствие и порядок точек в реальном пространстве определяет порядок точек в перцептуальном. В свою очередь, непрерывному движению тела в перцептуальном пространстве соответствует непрерывное движение тела в пространстве реальном.

Сложность установления топологического сходства между реальным и концептуальным пространствами обусловлена тем, что концептуальное пространство создается только в уме человека для научного познания реального пространства. Оно носит абстрактный, порой предельно абстрактный, характер и выражается в виде символов — математических, физических и др.

Перцептуальное же пространство, будучи непосредственным отражением реального пространства, есть отражение чувственное. Оно является нам в процессе обыденного, повседневного опыта, который постоянно соотносит это пространство с реальным, что и позволяет нам ориентироваться в нем. Здесь нет символов, есть лишь непосредственное восприятие. Но как только мы вводим символическое пред-

ставление о пространстве, так сразу же переходим на уровень концептуального пространства, независимо от того, каковы эти символы.

В виде символов можно представлять и реальное, и перцептуальное пространство: физическое пространство, пространство художественное (представление реального или перцептуального пространства на художественном полотне, например, или на сцене), математическое и т.д. Поэтому концептуальных пространств может быть, видимо, сколько угодно, и все они будут представлением «двух других видов пространства». Мало того, именно благодаря концептуальному пространству мы порой отождествляем реальное и перцептуальное пространства, утверждая, что при описании наших ощущений пространства мы описываем реальное пространство. Но, к сожалению, тем самым перцептуальное пространство накладывается своеобразной «матрицей» на наше мышление, что, вполне естественно, затрудняет понимание концептуального пространства. Последнее мы стремимся представить в виде очевидной, понятной картины, а это, в свою очередь, затрудняет исследование реального пространства.

Чисто психологически мы порой не воспринимаем и не принимаем концептуальное пространство, потому что оно якобы не соответствует реально «мыслимому» пространству, нашим ощущениям пространства. Этому способствует и наша логика обыденного восприятия, которая носит однозначный характер и требует, явно или неявно, отождествления абстракций (все чаще — неклассических) с реальностью и однозначного восприятия этой реальности. Концептуальное же пространство все чаще и чаще выходит за пределы «чувствований», давая возможность все глубже познавать реальное пространство. Мало того, существуют такие концептуальные пространства, которые вообще не отражают никаких свойств реального пространства. Пространства такого рода относятся либо к чистой геометрии, либо к описательным формализмам физики. Концептуальные пространства, описывающие структуру и свойства пространства реального, строятся в рамках физической геометрии. И поскольку в случае чистой геометрии связь концептуального пространства с реальным в лучшем случае чрезвычайно опосредованна, а чаще всего ее нет вообще, постольку в дальнейшем речь пойдет преимущественно о физических пространствах.

Существует еще одна философская проблема — проблема соотношения пространства и материи.

Известно, что с точки зрения диалектического материализма пространство и время есть формы существования материи. Но это слишком общее и абстрактное высказывание, требующее интерпретации. Российские философы предлагают здесь четыре возможных варианта.

Первый вариант отличается тем, что употребление термина «форма» носит буквальный характер: пространство есть некая форма материи. Это приводит к своеобразному «овеществлению» пространства и к признанию тезиса, что материальные объекты, также обладающие определенной формой, существуют в другой форме. В этом случае пространство не атрибутивно, т.е. не является свойством, приданным материи или материальным объектам. Кроме того, оно может обладать своей собственной структурой, относительно независимой от форм всех других материальных объектов. Тогда возникает вопрос: чем отличается форма объектов в пространстве от самого пространства?

Во втором варианте «форма существования» трактуется как «способ существования», т.е. пространство рассматривается как атрибут материи. Но таким же атрибутом материи (иными словами, неотъемлемым свойством) является и движение, которое происходит, как мы знаем, и в пространстве.

Восприятие существования, осуществления свойства в свойстве вызывает у авторов данной книги некоторое опять же «интеллектуальное неудобство». С ним можно было бы и смириться, если бы удалось получить ответ на вопрос, какова специфика пространства как атрибута материи по сравнению с другими ее атрибутами, например реальностью материи, ее объективностью, движением и т.д.

Третий вариант заключается в интерпретации пространства как условия существования материи. Но, как считает советский философ А.М. Мостепаненко, «вне материи нет никакого условия ее существования», ибо материя есть *causa sui* (причина себя самого). Пространство, если оно реально, не может быть не материальной и независимой от материи сущностью.

Абсолютно неприемлемым является четвертый вариант, в соответствии с которым пространство-время есть особый вид материи,

имеющий фундаментальный характер. В него помещены все остальные виды материи. Это, так сказать, своеобразный эфир с весьма странными свойствами типа абсолютной несжимаемости, упругости, проницаемости и т.п. Сочетание этих свойств необходимо, но они противоречат друг другу. Кроме того, отмечает А.М. Мостепаненко [9], «если пространство-время — вид материи, то спрашивается, находится ли этот вид материи, в свою очередь, в пространстве и во времени. Если он находится в пространстве и во времени, проблемы, связанные с их природой, опять остаются открытыми, если же он не находится в пространстве и во времени, то что же это за внепространственная и вневременная сущность?»

2.3. Человек в пространстве и времени

Длительность существования человека определяется временем его жизни — от рождения до кончины, а протяженность существования как конкретного индивида определяется пространственными границами и формами тела. На протяжении своей жизни человек вступает в многообразные пространственно-временные отношения с другими людьми, окружающей природой, орудиями и средствами производства и т.д.

В этом плане жизнь человека представляется как непрерывная цепь событий, а жизненное пространство не обязательно ограничивается домом, работой или местом отдыха — оно может быть раздвинуто до космических масштабов, поскольку существование человека зависит от природно-космических факторов и поскольку цивилизация на определенной стадии своего развития начинает освоение космического пространства.

Задача научного познания заключается в точном установлении, что и как отражает развивающееся научное познание в материальной действительности. Если материальный мир — реальность, данная нам в ощущениях, то ощущения возникают под воздействием определенных материальных посредников, главными из которых являются свет и звук.

Кант одним из первых обратил внимание на значение чувственного восприятия пространства и времени для научного познания вообще и индивидуального познания в частности. При этом он не

только отдал явное предпочтение внутреннему ощущению пространственности и временности в сравнении с созерцанием пространства и времени внешнего мира, но и объявил его априорным. В действительности же пространство и время (и внешне и внутренне воспринимаемые) являются не доопытными, не внеопытными и не заопытными, а представляют собой коренные условия как объективного бытия, так и самого опыта, поскольку все, что дано в индивидуальном и коллективном опыте, существует и предстает в пространстве и во времени.

Но понятие опыта вполне применимо и к исследованию объективных (т.е. независимых от воли и желания индивида) психических, физиологических и биологических процессов, происходящих в живом организме. Человеческое тело во всей его целостности материально и, следовательно, имеет пространственно-временные свойства. Поэтому нет ничего удивительного в том, что органы чувств способны воспринимать не только внешнюю, но и внутреннюю пространственность и временность.

В настоящее время в наибольшей степени изучены психические процессы, связанные с работой вестибулярного аппарата — органа, ответственного за восприятие положения и движения тела, а также отдельных его частей в пространстве. Весьма активно обсуждается проблема так называемых биологических часов, или чувства времени, у человека и животных. Причем есть все основания полагать, что восприятие внутренних временных процессов отнюдь не ограничивается фиксацией одних только макропроцессов (ритмики сердца, дыхания и т.д.), но связано и со способностью человека воспринимать электромагнитные поля [10, с.10–14]. В данном случае не важно, каков механизм их восприятия (сегодня можно строить лишь различные предположения). Несомненно, однако, следующее: такие поля существуют, ибо живое вещество, как и неживое, состоит из одних и тех же атомных и субатомных частиц, имеющих квантово-электродинамическую природу (т.е. неразрывно связанных с полями). Следовательно, поля и дискретные частицы имеют вполне конкретную и фиксируемую пространственно-временную определенность (пространственные границы полей, их пространственно-временные отношения, временная длительность импульсов и других физических возмущений поля, частота колебаний и т.д.).

Вполне закономерно поставить вопрос о взаимодействии между полем, связанным с органами чувств, и внешними по отношению к нему полями. Поскольку живому организму присуще ощущение внутренних пространственно-временных изменений, постольку вполне допустимо и ощущение тех внешних материальных изменений, постольку вполне допустимо и ощущение тех материальных изменений, которые могут оказать непосредственное влияние на состояние внутренних полей. Трудно сказать, насколько далеко простирается такое влияние, но, во всяком случае, имеется один факт, многократно описанный в художественной литературе и известный почти каждому: человек (да и, наверное, любое животное) способен ощутить (не видя и не слыша) присутствие другого человека. Наиболее отчетливо подобный феномен обнаруживается при появлении нового лица (или существа); иными словами, чувственно фиксируется только сам факт его появления (или исчезновения), т.е. некоторого изменения в окружающем пространстве. Особенно обостряется подобное восприятие в минуты тревоги, опасности, напряженного ожидания и т.д. Речь должна идти о распространении информации наподобие того, как внезапно передается людям или животным чувство волнения, страха. Точно так же возможна, видимо, и передача ограниченной пространственной информации, ничего не имеющей общего с абстрактным мышлением и, как показывает опыт, способной передаваться людьми, говорящими на разных языках и не понимающими один другого.

Подчас смысловая нагрузка, которую несет команда, мысленно передаваемая от индуктора к реципиенту, ограничивается своего рода помехами, мешающими человеку упорядоченно думать, последовательно излагать мысли и даже координировать свои движения. Природа всех этих явлений до конца пока неясна, но своими корнями она, несомненно, уходит в глубины биологической эволюции и сродни тем же закономерностям, которые управляют движением огромного косяка рыб, мгновенно и разом отклоняющихся в сторону при сигнале об опасности, поступающем от одной или нескольких особей.

Как природное существо человек является частью природы, его пространственно-временные характеристики (включая и разносторонние отношения) аналогичны тем, которыми обладает любая конкретная форма движения материи. Но человек — прежде всего

социальное существо; поэтому пространственно-временные события, в которых ему непрерывно приходится участвовать, имеют историческое содержание и по своему многообразию неизмеримо богаче любых внешних и внутренних отношений досоциальных форм движущейся материи.

2.4. Наблюдатель в современной философии

Впервые для отражения физического понятия одновременности при распространении звука Эйнштейн обратился к восприятию наблюдателя. В дальнейшем представление наблюдателя использовалось при изучении распространения света в теории относительности. С тех пор наблюдатель стал обязательным при объяснении физических явлений. Естественно, что философия не могла не выразить своего отношения к наблюдателю.

Литература, посвященная проблеме соотношения субъекта и объекта в современной физике, огромна, можно даже сказать, практически неисчерпаема. Это, как подчеркивал М.Э. Омеляновский, обусловлено тем, что «по мере того как физика от воспринимаемых в обыденном опыте макроскопических объектов углублялась в сферы явлений, для познания которых, помимо тончайшей экспериментальной аппаратуры, требовались неклассические теории с их неизвестными классической физике абстракциями, проблема объективного и субъективного приобретала в физической науке все более сложный и сложный характер». В современной физике проблема объективного и субъективного приняла форму, существенно отличающуюся от той, в которой она фигурировала в физике, развивающейся под знаком Ньютона и Максвелла [11]. Он обращал внимание на три стороны увеличения сложности отношения субъективного и объективного:

- 1) продвижение познания вглубь, приводящее к исключительно тонким экспериментальным исследованиям;
- 2) появление в связи с этим неклассических физических теорий с новыми научными абстракциями;
- 3) изменение формы проблемы объективного и субъективного в современной физике, которая стала существенно отличаться

от формы и постановки этой проблемы в физике классической.

Продвижение физических исследований вглубь атома и структуры элементарных частиц является неизбежным результатом человеческого познания природы и одной из наиболее фундаментальных его целей. Естественно при этом, что предметом его экспериментальных операций и теоретических размышлений оказываются все более тонкие по своей структуре и взаимодействиям материальные системы, которые неизбежно испытывают на себе все более сильное возмущающее воздействие познавательных средств, так что становится все труднее провести резкую и четкую границу между поведением изучаемых материальных систем «самих по себе» и их взаимодействием с экспериментальной аппаратурой.

Некоторые исследователи видят в этом обстоятельстве одну из особенностей современной физики по сравнению с классической и рассматривают его как выражение существенного повышения роли активности субъекта в процессе познания. Так, например, П.С. Дышлевый отмечает, что «при характеристике процесса познания в современной физике приходится учитывать непрерывное усиление активности субъекта познания в процессе получения нового знания...» Активность субъекта в процессе познания в физике реализуется, конечно, не в форме непосредственного физического взаимодействия исследователя, как живого существа, действующего с определенной целью, с изучаемыми объектами, а посредством выбора им объектов исследования и определенных физических систем (систем отсчета), непрерывного усовершенствования измерительных устройств, подготовки и реализации экспериментов, формирования и дальнейшей разработки все новых и новых физических идей. И по мнению Ю.Б. Молчанова, дело состоит в том, что «непосредственное физическое взаимодействие исследователя как живого существа, действующего с определенной целью с изучаемыми объектами», как раз и предполагает гораздо большую активность субъекта познания, чем размышления современного физика-теоретика и опосредованное воздействие экспериментатора на объект с помощью измерительной и другой физической аппаратуры» [12].

Важное значение это направление исследований имеет и при изучении методологических оснований современной науки. Задачей именно философии, а не естественнонаучной (скажем, физической,

квантовой) теории являются рассмотрение и анализ активной деятельности субъекта в его взаимодействии с познаваемым и преобразуемым им объектом. Мы же являемся свидетелями утверждений, что субъект (его характеристики) и его деятельность (и ее характеристики) представляют собой существенные черты как современного физического эксперимента и его результатов, так и современной физической теории и уж во всяком случае должны там учитываться. При этом подчеркивается, что деятельность, активное воздействие субъекта на объект его познания являются определяющим и решающим условием успешного осуществления процесса познания.

Представляется, что вопрос о роли деятельности и активности человека в процессе познания и особенно в рамках конкретных естественных наук должен ставиться в несколько иной плоскости. Активность и деятельность отнюдь не всегда ведут к успешному познанию и преобразованию природы [12, с.53]. Эти вопросы особое значение приобрели в квантовой физике.

Мнение Н. Бора сводилось к утверждению, что в отличие от классической физики, предметом которой является описание объектов самих по себе, предметом квантовой физики является, вообще говоря, описание взаимодействия микрообъекта и экспериментальной установки. «В то время как в классической физике взаимодействием между объектом и прибором можно пренебречь, — писал Н. Бор, — или, если надо, можно его компенсировать, в квантовой физике это взаимодействие составляет нераздельную часть явления. Сообразно этому однозначное описание собственно квантового явления должно в принципе включать описание всех существенных частей экспериментальной установки» [13, с.520]. Это положение более определенно выражено В.А. Фоком: «Результат взаимодействия атомного объекта с классически описываемым прибором и является тем основным экспериментальным элементом, систематизация которых на основе тех или иных предположений о свойствах объекта составляет задачу теории: из рассмотрения таких взаимодействий выводятся свойства атомного объекта, а предсказания теории формулируются как ожидаемые результаты взаимодействия» [14, с.194].

В квантовой теории А. Эйнштейн считал: «Принципиально неудовлетворительным в этой теории, на мой взгляд, является ее отношение к тому, что я считаю высшей целью всей физики: полному

описанию реального состояния произвольной системы (существующего, по предположению, независимо от акта наблюдения или существования наблюдателя)» [15, с.296].

Ю.Б. Молчанов отмечает, что подобные критические замечания не совсем корректны с философской точки зрения. Дело в том, что объективность тех или иных наук, объективный характер раскрываемых ими законов вовсе не определяются тем, каков предмет их исследования [12, с.54]. Несомненно, что основной чертой классической физики действительно является допущение полной независимости описываемых ею объектов от их отражения установками и описание поведения объектов «самих по себе», все же ее отличие в этом отношении от квантовой физики, которая описывает взаимодействия микрообъектов с приборами, не является, на наш взгляд, решающим в оценке объективности этих физических теорий и степени вторжения познающего субъекта в структуру физического знания. Дело в том, что «объекты сами по себе», их поведение «самих по себе», вообще говоря, представляют для науки и научного познания природы лишь второстепенный интерес, ибо это есть отдельные частные случаи или совокупности случаев, которые представляют интерес лишь в качестве конкретных задач научной теории. Поэтому определение, например, задачи механики как «описания движения тел в пространстве под действием приложенных к ним сил» [13, с.520] является выражением лишь прикладного значения этой науки как уже сформировавшейся теории. Однако построение самой научной теории предполагает прежде всего знание закономерностей и законов, которым подчинено движение исследуемых ею предметов [12, с.54–55]. Процесс познания окружающей действительности включает в себя различные виды деятельности: теоретические исследования, экспериментальную и практическую деятельность. Естественно, что возникшие дискуссии вокруг роли субъекта и объекта в квантовой физике, вокруг понимания ее предмета и тех элементарных объектов, которые являются «действующими лицами» ее уравнений, а также вокруг различного понимания физической реальности и картины мира имели, конечно, свое основание не только в высказываниях классиков современной физики, но и в фактическом состоянии дел. Однако они связаны также и с не совсем четким пониманием и изложением различных аспектов самого процесса познания [12, с.55].

Принятая современная схема познания такова: физический объект, условия познания, наблюдатель, или «объект–прибор–субъект». По мнению Ю.Б. Молчанова, такая схема является недостаточной. Поэтому нужно выделить в качестве особого предмета рассмотрения сам процесс познания в целом, т.е. единство всех этих трех членов, ибо вес размышления и аргументы относительно деятельности и активности субъекта имеют смысл только в контексте всего процесса познания в целом. Но не менее существенным является, на его взгляд, и то, что при данной формулировке проблемы упускаются из виду такие важные элементы процесса познания, как его результаты, а именно эмпирические факты и теоретические построения [12, с.55].

Ю.Б. Молчанов выделял три аспекта познания природы человеком. Во-первых, сам процесс познания в целом, который является предметом исследования теории познания вообще и методологии в частности и где, несомненно, уместны рассмотрение и учет активной деятельности человека. Во-вторых, предмет познания или, если угодно, объект исследования, который может быть как «объектом самим по себе», так и явлением или явлениями, возникающими в результате взаимодействия объекта исследования и экспериментальной установки. Нам кажется, что уже здесь можно лишь осторожно и с большими оговорками высказывать утверждения об активности субъекта. Ибо, хотя субъект и выбирает определенный объект исследования из всего фона окружающей его действительности, а также на основе уже добытых знаний строит схемы опыта и сами приборы и экспериментальные установки, все же взаимодействие объекта и прибора остается физическим взаимодействием между физическими же объектами независимо от их происхождения.

И, наконец, в-третьих, результаты познания, о которых мы говорили выше и которые выражаются сперва в эмпирических данных, а затем фокусируются в научных теориях и концепциях. Хотя эмпирические данные получены познающим субъектом, а теории и концепции созданы им же, они не зависят ни от его воли, ни от его желания, а после их создания или получения — и от его сознания, и являются в этом смысле совершенно объективными, а те, которые зависят от воли и желания познающего субъекта, научного значения не имеют [12, с.58]. Говоря об объективности и субъективности теорий, следует иметь в виду, что научные теории объек-

тивны в различных смыслах. Во-первых, по содержанию. Они должны отражать, описывать и удовлетворительно объяснять объективное состояние дел. Во-вторых, их последующее существование не зависит от существования их создателя. И, в-третьих, их существование и функционирование в рамках науки и культуры определенных периодов не зависит от воли и сознания тех или иных лиц. Они могут быть опровергнуты или ограничены только объективными данными, но не по произволу тех или иных личностей или групп.

Субъективный же характер научных теорий и концепций также может иметь различное значение. Одно из них — тривиальное, которое заключается в том, что все научные концепции и теории имеют субъективную форму, т.е. выражаются в словах и понятиях, и второе, которое выражает относительный характер нашего познания, его постепенное приближение к объективной истине.

Человек в процессе своей активной деятельности, направленной на познание и преобразование существующего вне и независимо от него внешнего мира, достигает истины (т.е. знаний, адекватных исследуемым объектам и закономерностям) не сразу и не исчерпывающим образом, а в процессе непрерывного восхождения к абсолютной истине (полному и исчерпывающему отражению объекта в познании), путем получения относительных истин (неполного соответствия знания объекту), т.е. в процессе постепенного накопления все увеличивающегося и уточняющегося знания. Однако в тех относительных истинах, которые составляют положительное содержание научных знаний, присутствуют такие элементы, которые правильно (в определенной степени) отражают те или иные свойства, характеристики и закономерности объективного мира и поэтому не зависят от познающего этот мир субъекта.

Таким образом, для существования человека и человечества, для практических нужд преобразования природы решающее значение имеют объективные истины, т.е. знания о вещах и явлениях природы — так как они существуют и действуют сами по себе независимо от человека и человечества.

Объективная истина есть адекватное внешнему миру знание о его предметах, явлениях и закономерностях. Конечно, содержание объективной истины в наших знаниях и представлениях о внешнем мире различно на каждой ступени развития человеческого обще-

ства и его практики, но оно имеет безусловную тенденцию к расширению и увеличению. И конечно, объективная истина, открываемая нам деятельностью наших органов чувств в обыденном, повседневном опыте, существенным образом отличается от тех объективных истин, отражение которых составляет задачу науки на всех этапах ее развития, начиная с античности и кончая самыми современными теориями [12, с.58].

2.5. Наблюдатель в теории относительности

Если задачей науки является получение объективной истины, т.е. достижение таких знаний, содержание которых не зависит от человека и человечества, то как это совместить с истолкованием ряда современных физических теорий, таких как теория относительности и квантовая физика, которые якобы свидетельствуют не только о возрастающей активности субъекта в процессе познания, но и о непосредственном учете его деятельности в рамках физической науки как на уровне эксперимента, так и теории [12, с.58].

При рассмотрении таких вопросов необходимо помнить о различии между познающим субъектом, его «активностью и деятельностью» и познаваемым объектом.

В физической теории и физическом познании главным является не то, каким образом изучается тот или иной объект, а то, что нового узнается в процессе познания, «т.е. знание о самом объекте исследования, который, как признают сейчас все, существует вне и независимо от познающего субъекта» [12, с.59].

При изучении физических теорий, таких как теория относительности, квантовая физика, физика элементарных частиц, для лучшего понимания процесса появляется необходимость привлекать независимого наблюдателя.

С начала нашего века «наблюдатель» с его восприятиями и ощущениями вошел на страницы физических и связанных с ними философских исследований и довольно прочно обосновался там, став столь же не переменным атрибутом размышлений о физических явлениях, как и чисто физические величины и характеристики: масса, координаты, импульс, энергия, скорость и т.д. И хотя отсутствие специфических величин и переменных, выражающих на-

личие наблюдателя и его восприятий, в структуре уравнений и преобразований специальной теории относительности видно, как говорится, невооруженным глазом, все же описание релятивистских эффектов с помощью восприятий наблюдателя было подавляющим в релятивистской физической и философской литературе [12].

По мнению Ю.Б. Молчанова, введение «наблюдателя» в научные теории и описания носило искусственный характер.

Ф. Франк считает, что введение «наблюдателя» в физическую теорию есть дань здравому смыслу и обыденному опыту, и он может быть безболезненно удален из нее и заменен «научными инструментами» — линейками и часами [16, с.295–296].

В результате дискуссии по теории относительности в советской науке в работах В.А. Фока, А.Д. Александрова, М.Э. Омеляновского и других была доказана возможность операционной и философской интерпретации теории относительности и ее эффектов без каких-либо ссылок на наблюдателя в терминах лишь физических взаимодействий. Подобные же выводы мы можем найти в работах таких зарубежных ученых, как Г. Рейхенбах, А. Грюнбаум, М. Бунге и других [12, с.60].

Таким образом, можно считать проблему наблюдателя в релятивистской физике ясной и окончательно решенной.

Наблюдатель в квантовой физике необходим в силу того, что уравнения квантовой механики интерпретируются по-разному.

Одни считают, что в них записываются результаты наблюдений, т.е. взаимодействий с помощью тех или иных приборов познающего субъекта с микрообъектами. Другие полагают, что сам наблюдатель здесь ни при чем, а в уравнениях выражается объективное взаимодействие прибора и микрообъекта, безотносительно к какому-либо наблюдателю. Третьи вообще полагают, что в них выражается информация о микрообъектах, полученная наблюдателем. Четвертые считают, что они описывают или должны, во всяком случае, описывать поведение и свойства микрообъектов самих по себе и т.д. [12, с.60]. Вокруг этих вопросов и ведутся многолетние дискуссии, содержание которых во многом затемняется, во-первых, тем, что проблема ставится на разных уровнях: предмета квантовой физики, проблемы физической реальности, проблемы измерения, физического содержания основных уравнений и т.д., а во-вторых — смешени-

ем различных аспектов проблемы: процесса познания в квантовой физике, самого процесса познания в целом, субъекта познания, средств и методов познания, свойств познаваемого объекта и, наконец, полученных результатов познания. Выше мы уже говорили, что присутствие познающего субъекта и влияние его активной деятельности могут сказываться и должны учитываться почти во всех аспектах процесса познания, кроме его результатов, которые если и зависят от человека и носят в себе моменты субъективности, то только в том тривиальном смысле, что форма их выражения субъективна, а также в отрицательном смысле их неточности, относительности, неадекватности познаваемому объекту. В этом отношении весьма интересной представляется точка зрения известного канадского ученого М. Бунге, который в своих работах показывает, что ни в одном из основных уравнений квантовой механики не содержится каких-либо переменных или величин, которые относились бы к наблюдателю или даже к прибору [17, с.1–13]. С другой стороны, даже те ученые, которые считают, что предметом квантовой физики является взаимодействие микрообъекта и прибора, говорят о том, что из результатов этого взаимодействия можно делать прямые выводы о «свойствах атомного объекта». «Такая постановка задачи, — пишет В.А. Фок, — вполне допускает введение величин, характеризующих сам объект независимо от прибора (заряд, масса, спин частицы, а также другие свойства, описываемые квантовыми операторами), но в то же время допускает разносторонний подход к объекту: объект может характеризоваться с той его стороны (например, корпускулярной или волновой), проявление которой обусловлено устройством прибора и создаваемыми им внешними условиями» [14, с.194]. Об этом же говорит и М.А. Марков: «Многие характеристики электрона не связаны с тем или иным классом макроскопического прибора: заряд электрона, например, его масса, подчинение статистике Ферми, а не Бозе и др. Это обстоятельство надо всячески подчеркивать. Но положение электрона и его импульс действительно лишены в указанном смысле однозначной макроскопической определенности» [18, с.47].

Центральная философская проблема квантовой физики поставлена здесь очень четко. Когда Н. Бор говорит о том, что «согласно квантовому постулату всякое наблюдение атомных явлений включает такое взаимодействие последних со средствами наблюдения,

которым нельзя пренебречь. Соответственно этому невозможно приписать самостоятельную реальность в обычном физическом смысле ни явлению, ни средствам наблюдения» [19, с.31], и когда В.А. Фок говорит об «относительности к средствам наблюдения» [20, с.60–64], они имеют в виду пространственно-временные и импульсно-энергетические характеристики.

Но в таком случае получается довольно любопытная картина. Оказывается, микрообъекты существуют сами по себе (что бы там ни говорили о деятельности субъекта и о взаимодействии микрочастиц с прибором) и обладают совершенно независимыми от приборов и человека характеристиками — масса, заряд, спин и т.д. Однако ряд их характеристик зависит от их взаимодействия с приборами, а тем самым и с познающим субъектом.

Эта ситуация не так уж нова и оригинальна. Мы сталкиваемся с ней уже в рамках обыденного опыта, например, цвет предмета (и вообще все так называемые вторичные качества) зависит не только от свойств самого предмета, но и от состояния органов восприятия познающего субъекта.

Однако в области квантовой физики речь идет, пользуясь старой терминологией, уже не о «вторичных», а о «первичных» качествах объекта, о его пространственно-временных и импульсно-энергетических характеристиках. И здесь уместно поставить вопрос, не связаны ли философские нововведения квантовой физики, ее «гносеологический урок», не только с продвижением познания вглубь микромира, с взаимодействием человека с необычайно тонкими по своей структуре и характеристикам объектами, но и с изменением (возможно, пока не вполне осозанным) наших представлений о сущности пространственно-временных отношений.

Н. Бор говорит, например, следуя А. Эйнштейну и вообще современной физической традиции, что без наблюдения познаваемого объекта «понятия пространства и времени теряют свой непосредственный смысл» [19, с.31]. В другом месте, рассматривая соотношения неопределенностей В. Гейзенберга, он пишет: «Мы, очевидно, имеем здесь дело не с ограничением точности измерений, а с ограниченной применимостью пространственно-временных понятий и динамических законов сохранения; эта ограниченная применимость связана с необходимостью проводить различие между измерительными приборами и атомными объектами» [13, с.530].

Таким образом, отличие квантовой физики от классической в конечном счете можно свести к новому пониманию сущности пространственных и временных отношений, которое явилось, как известно, одной из концептуальных основ релятивистской физики. Это новое понимание представляет собой переход с позиции субстанциальных концепций пространства и времени на позиции реляционных концепций.

Если для субстанциальных концепций пространства и времени пространственные и временные координаты и отношения материальных систем имеют физический смысл «сами по себе», без отношения к чему-либо «внешнему», то для реляционных концепций они имеют физический смысл только в том случае, если рассматриваемые в теории и эксперименте материальные системы связаны между собой физическими взаимодействиями: «Чтобы придать понятию времени физический смысл, нужны какие-то процессы, которые дали бы возможность установить связь между различными точками пространства, пространственные и временные данные имеют не фиктивное, а физически реальное значение» [21, с.24].

Но что такое «наблюдение» и «регистрация», принимаемые в качестве основы установления пространственно-временных отношений, как не те же самые физические (электромагнитные) взаимодействия, которые воздействуют физически и на сам объект, и на глаз наблюдателя, и на фотопластинку, и на другие приемники приборов.

Приведенные выше высказывания Н. Бора свидетельствуют, на наш взгляд, о том, что он придерживался реляционной концепции пространства и времени, выражая ее на относительно традиционном для современной физики языке «наблюдателя» и «наблюдений». И если для релятивистской физики наиболее ярко выраженным является переход на позиции реляционной концепции времени, то в случае квантовой физики на первый план выступает новое реляционное понимание пространства и пространственных отношений, а следовательно, и импульсно-энергетических характеристик. Для классической физики не только объекты существуют «сами по себе», безотносительно к наблюдателю и приборам, но и их положение в пространстве, их локализация, движение с определенной скоростью по определенной траектории имеют физический смысл независимо от того, взаимодействуют они с чем-либо или нет, наблюда-

ет их кто-либо или нет, регистрируются они каким-либо образом или нет.

Для релятивистской физики объекты существуют сами по себе, но их траектории не являются однозначно определенными, а зависят от тех систем отсчета, в которых их пространственные и временные отношения и характеристики устанавливаются с помощью электромагнитных взаимодействий (наблюдаются). Однако в данной системе отсчета они обладают определенным положением и импульсом, поскольку взаимодействия, устанавливающие их пространственно-временные отношения, не оказывают на них существенного влияния.

В квантовой физике объекты тоже существуют «сами по себе», поскольку обладают такими свойствами, которые не зависят ни от познающего субъекта, ни от процесса наблюдения и измерения, ни от системы приборов, в которой проводится их изучение. Это заряд, масса, спин, подчинение определенной статистике и т.д. А вот их пространственно-временные характеристики и свойства, согласно реляционной концепции, так же как и в теории относительности, не имеют физического смысла вне их взаимодействия — в данном случае с макроприборами, которые должны их «фиксировать» и «наблюдать». Но в отличие от теории относительности, где мы в принципе имеем дело с макрообъектами, здесь взаимодействия между несоизмеримыми по своим вещественным и энергетическим характеристикам материальными системами таковы, что оказывают существенное влияние на поведение микрообъекта и позволяют установить более или менее точно лишь одну из характеристик за счет другой.

Таким образом, относительность пространственно-временных и импульсно-энергетических характеристик объектов, изучаемых квантовой физикой, можно, на наш взгляд, оценить не как выражение активности познающего субъекта и его неизбежного возмущающего вмешательства в течение физических процессов, а как выражение той «физической субъективности», о которой по поводу теории относительности говорил Бертран Рассел и которая выражает зависимость ряда физических характеристик от той системы отсчета или той системы приборов, в которых они определяются, измеряются, фиксируются. Активность субъекта выражается скорее в процессе углубления познаний вглубь микромира и переходе к

изучению все более тонких и subtilных его объектов и их физических свойств.

В рамках же результатов, добытых квантовой физикой, продолжают господствовать объективно истинные (не зависящие от человека и человечества) сведения, которые выражаются не только в ряде независимых от вида применяемых приборов величин, но и в виде уравнений и функций, которые соединяют сведения об относительных пространственно-временных и импульсно-энергетических характеристиках, представляющих свойства отдельных объектов или статистических совокупностей их и выражающих законы, опять же от человечества независимые.

ГЛАВА 3

ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ В КЛАССИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ

Классическая физика рассматривала пространственно-временной континуум как универсальную арену динамики физических объектов. Развитие физики элементарных частиц, релятивистской космологии, квантовой геометродинамики и других наук выдвинуло новые представления о пространстве и времени. Прежде всего оказалось, что эти категории неразрывно связаны друг с другом. Возникли даже такие концепции, согласно которым в мире нет ничего, кроме пустого искривленного пространства. Физические объекты оказываются только проявлением искривленного пространства. В таком геометродинамическом подходе физика сводится к геометрии. Другие авторы исходят из того, что пространство и время присущи лишь макроскопическим объектам.

Современная физика настолько разрослась и потеряла единство, что в ее различных разделах существуют прямо противоположные утверждения о природе и статусе пространства и времени. Одних смущает гипотеза о макроскопическом характере пространства и времени, ибо в ней усматривают отрицание универсальности этих форм существования материи, другие считают, что геометродинамический подход ведет к дематериализации мира, а в третьих, в этом подходе обескураживает возможность сведения человека лишь к «всплеску» пространственно-временной кривизны [22, с.4].

Необходимо отметить, что в современной физике речь идет о пространстве и времени как о физических понятиях, как о конкретных математических многообразиях или структурах, наделенных соответствующими семантическими и эмпирическими интерпретациями в рамках определенных теорий, и что выяснение макроско-

пичности подобных структур не имеет прямого отношения к положению об универсальности пространства и времени, ибо в этом тезисе речь идет уже о философских категориях.

М.Д. Ахундов обращает внимание на то, что подобная оговорка необходима для предотвращения попыток непосредственной трансформации физической гипотезы в философскую доктрину. Отождествление такого рода легко приводит к противоречию физических концепций положениям диалектического материализма. Осуществляется это таким образом: сначала приводят впечатляющее положение физической концепции или гипотезы о пространстве и времени (например, «в мире нет ничего, кроме пустого искривленного пространства» или «пространство и время макроскопичны») и возводят его в ранг философского тезиса, а затем сопоставляют его с определенными фундаментальными положениями диалектического материализма и устанавливают, что они противоречивы. Отсюда делается вывод, что данная физическая концепция идеалистична.

Подобный процесс часто наблюдается в эпоху революции в естествознании, когда изменяется стиль научного мышления, происходит формирование новой картины мира, открытие принципиально новых физических объектов и взаимодействий, развитие новых неклассических теорий, обобщение фундаментальных концепций и т.д. В такой ситуации даже крупные естествоиспытатели и философы могут оказаться неспособными «акклиматизироваться» в новых условиях, что влечет за собой попытки объяснения неклассических явлений с помощью классических физических теорий [22, с.6]. Поэтому четкое разграничение соответствующих представлений о пространстве и времени на физические и философские имеет определенный смысл.

Известно, что развитие современной физики приводит ученых к очень диковинным конструкциям и структурам, в физике продолжается революция, которая сопровождается существенным развитием пространственно-временных представлений. И понять сущность этих революционных изменений немислимо без диалектики теоретического и эмпирического, абсолютного и относительного, дискретного и континуального.

При анализе философских проблем естествознания большое внимание уделяется различным концепциям пространства и времени. Основными концепциями можно считать субстанциональную и ре-

ляционную (Л.Ф. Аскин, Л.Б. Баженов, П.С. Дышлевый и др.). За последнее время в философских работах стали употреблять и новые названия: экстенсионная (М.Д. Ахундов), субстратная (А.К. Манеев, В.А. Канке), атрибутивная (З. Аугустынек), акцидентальная (Ю.Б. Молчанов). Различные названия характеризуют определенные стороны пространства и времени.

Исследования пространства и времени в единстве с диалектикой теоретического и эмпирического уровней в физическом познании открывает новые отношения различных концепций пространства и времени в эволюции физики.

3.1. Статус пространства и времени в классической механике

Основные концепции пространства и времени, научные программы были впервые сформулированы греками, ими же была развита первая механика. Из доктрин древнегреческой философии выделяют в основном две: атомизм Демокрита и систему Аристотеля, с которыми традиционно связывают развитие основных концепций пространства и времени. Этот выбор не случаен, а продиктован тем, что сложилось впечатление, будто различные философские системы и физические теории можно классифицировать, исходя из концепции пространства и времени, на которой они основаны. Так, за атомистикой Демокрита закрепилась субстанциальная концепция пространства (оно рассматривается как абсолютная пустота), а реляционная связывается с философией Аристотеля (пространство трактуется как система отношений). В дальнейшем соответствующие аналоги такого понимания были найдены (вернее, реконструированы) и в последующих эпохах. Так характеризовались субстанциальная концепция И. Ньютона и реляционная концепция Г. Лейбница. В рамках этой модели часто анализируют взаимодействие и современных физических теорий. Например, те теории, которые опираются на классические представления, связывают с субстанциональной концепцией пространства и времени, а теорию относительности А. Эйнштейна — с реляционной.

По мнению М.Д. Ахундова, такое представление «неадекватно отражает действительное взаимоотношение различных концепций

пространства и времени в эволюции физического познания. По существу, в этой модели отсутствует взаимодействие между различными концепциями пространства и времени, ибо они оказываются связанными с различными философскими или физическими теориями».

Реальная ситуация иная. В любых системных построениях человека, с помощью которых отражается и моделируется мир (натурфилософская система, научная теория и т.п.), неизбежно существуют два (если не больше) типа пространства и времени, которые реализуются субстанциальной и реляционной (или более общей — атрибутивной) концепциями и функционируют соответственно на двух различных и взаимосвязанных уровнях системы: умопостигаемом и чувственном, теоретическом и эмпирическом.

Атомистическая доктрина была развита выдающимися материалистами Древней Греции — Левкиппом и Демокритом. Их учение справедливо рассматривают как вершину античной натурфилософии.

По Левкиппу и Демокриту, все природное многообразие состоит из мельчайших частичек материи, из атомов, которые двигаются, сталкиваются и сочетаются в пустом пространстве (кеноне). Эти атомы (бытие) и пустота (небытие) являются первоначалами мира. Характеризуя атомистическую доктрину, Аристотель писал, что бытие (полное) существует ничуть не в большей степени, чем небытие (пустое) [23, с.75].

Атомистика Левкиппа–Демокрита была развита в единстве физического и математического аспектов. Сторонники ее полагали, что атомы физически неделимы. Они неразрезаемы в силу плотности и отсутствия в них пустоты. Последняя выступает как необходимое условие движения: пустота — это сцена, на которой атомы разыгрывают пьесу Бытия. Если бы пустота (пространство) отсутствовала, то атомы оказались бы вплотную прижатыми друг к другу и не могли бы двигаться. Множество атомов, которые не разделяются пустотой, превращаются в один громадный атом, исчерпывающий собой мир. Такое представление о мире развивалось в элейской философии Парменидом, Зеноном и другими, которые вынуждены были соответственно отрицать реальность не только пустого пространства, но также времени и движения.

Что касается концепции мира Левкиппа–Демокрита, то она основана на атомах, которые в своем бесконечном многообразии по форме, величине и порядку образуют в сочетании с пустотой все содер-

жание реального мира. В основе этих атомов лежат амеры. Отсутствие у амеров частей служит критерием математической неделимости. Атомы не распадаются на амеры. Последние не существуют в свободном состоянии. Эти представления античной атомистики созвучны идеям современной физики, которая, в частности, приходит к выводу, что элементарные частицы состоят из кварков, по всей видимости, не существующих в свободном состоянии [24].

Амер — это как бы пространственный минимум материи, «атом» дискретного пространства, на котором базировалась вся «атомистическая» математика.

С точки зрения Демокрита, чувственно воспринимаемые явления существуют во мнении людей и от них зависят. Истина — это сущность, постигаемая умом.

По существу, здесь представлена первая форма расщепления познания на теоретический и эмпирический моменты, и дана она в форме выделения умопостигаемого и чувственного родов познания.

«Установление качественного различия между разумом и чувственностью, мышлением и ощущением, между логическим и эмпирическим явилось величайшим философским открытием, — пишет Ф.Х. Кессиди. — И честь этого великого открытия принадлежит Пармениду из Элей. Это было открытие разума в истории европейской и мировой философии, в истории теоретического мышления вообще. Открытие разума означало падение мифологии, отход от нее и утверждение нового мировоззрения» [25, с.237].

Характеризуя систему Демокрита как теорию структурных уровней строения материи — физического (атомы и пустота) и математического (амеры), мы сталкиваемся с двумя пространствами: непрерывное физическое пространство как вместилище — это пустота Демокрита (мы видим здесь истоки субстанциальной концепции пространства), а также математическое дискретное пространство, основанное на амерах как масштабных единицах протяжения материи (экстенсионная концепция).

В соответствии с атомистической концепцией пространства Демокрит решал вопросы о природе времени и движения. В дальнейшем его положения были развиты Эпикуром в стройную систему. Эпикур рассматривал свойства механического движения, исходя из дискретного характера пространства и времени [26]. Например, свойство изотаксии заключается в том, что все атомы движутся с

одинаковой скоростью. Эпикур писал Геродоту, что «атомы движутся с равной быстротою, когда они несутся через пустоту, если им ничто не противодействует» [27, с.547]. Наблюдаемые движения тел с различными и изменяющимися скоростями, по мнению сторонников физической атомистики, обусловлены взаимодействием и столкновениями атомов и вообще материальных объектов. Изотахия у них выступала как бы первоначальной догадкой, предвосхищением первого закона механики Ньютона: тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения, если на него не действуют внешние силы, т.е., выражаясь словами Эпикура, если ему ничего не противодействует.

На математическом уровне суть изотахии (движения атомов с равной скоростью) состоит в том, что в процессе перемещения атомы проходят один «атом» пространства за один «атом» времени (в противном случае неделимое разделится), и это обуславливает существование фундаментальной постоянной скорости движения [28, с.336].

Таким образом, древнегреческие атомисты различали два типа пространства-времени. В их представлениях были реализованы субстанциальная и атрибутивная (точнее, экстенсионная) концепции, или подходы к трактовке этих категорий [22, с.19].

Аристотель развертывает сложный процесс поэтапного познания сущности этих фундаментальных категорий. Сначала он ставит вопрос: а существует ли вообще время? И в рамках абстрактно-математического подхода приводит соображения в пользу тезиса о несуществовании времени (в крайнем случае, как выражается он, последнее «едва существует»). Действительно, рассуждает он, прошлого уже нет, будущего еще нет, а есть непротяженное, лишенное длительности «теперь», зажатое между несуществующими прошлым и будущим. Но ведь то, что складывается из несуществующего, не может быть существующим. «Кроме того, — добавляет Аристотель, — для всякой делимой вещи, если только она существует, необходимо, чтобы, пока она существует, существовали бы или все ее части, или некоторые, а у времени, которое (также) делимо, одни части уже были, другие — будут, и ничто не существует. А «теперь» не есть часть, так как часть измеряет целое, которое должно слагаться из частей; время же, по всей видимости, не слагается из «теперь» [29, с. 145–146].

Для Аристотеля «теперь» не элемент разрыва, а скорее элемент связи, континуализирующий временную длительность: «Время и непрерывно через «теперь», и разделяется посредством «теперь» [29, с.150]. Между любыми моментами «теперь», полагает он, пролегает длительность, подобно тому, как между точками — линия.

Анализ времени ведется Аристотелем уже на физическом уровне, где основное внимание он уделяет взаимосвязи времени и движения. Аристотель показывает, что время немислимо, не существует вне движения, но оно не есть и само движение. Он уточняет, о каком движении идет речь. Движение небесной сферы задает периодический процесс, необходимый для измерения временного потока [29, с.158].

В такой модели времени реализована реляционная (атрибутивная) концепция. Измерить время и выбрать единицы его измерения можно с помощью любого периодического движения, но для того, чтобы полученная физическая величина была универсальной, необходимо использовать движение с максимальной скоростью света (теория относительности Эйнштейна), а в античной и средневековой философии — скоростью движения небесной сферы.

Аристотель подчеркивал, «что движение измеряют простым и наиболее быстрым движением... поэтому в учении о небесных светилах... в основу кладется равномерное и наиболее быстрое движение — движение неба, и по нему судят обо всех остальных...» [23, с.254]. Такое универсальное время выступает мерой любых движений и покоя объектов и процессов объективного мира. Некоторые исследователи усматривают здесь проявление субстанциальной концепции времени [30, с. 17].

В литературе по истории философии и естествознания пространственно-временные представления Аристотеля расцениваются как реляционные и как таковые противопоставляются концепции Демокрита. Но это не совсем точно, поскольку в системе Аристотеля содержится представление и о субстанциональном, и о реляционном времени.

Аналогичное положение сложилось и с оценкой его взглядов на пространство. Реляционная трактовка пространства в системе Аристотеля достаточно подробно исследована в философской литературе и может быть охарактеризована следующим образом: «... катего-

рия пространства, выступая конкретизацией отношения, уточняет характер и содержание отношения. Для Аристотеля пространство выступает в качестве некоего результата отношений предметов материального мира. Пространство понимается им как объективная категория, как свойство природных вещей» [31, с.193].

Ничто не может существовать, не занимая какого-то места, последнее же существует и без него. «Место, — пишет Аристотель, — не исчезает, когда находящиеся в нем [вещи] гибнут» [29, с.124]. Объединение всех отдельных мест, по его мнению, образует всеобщее пространство.

Аристотель следующим образом характеризовал особенности места: «перемещения простых физических тел, например огня, земли и подобных им, показывают не только что место есть нечто, но также что оно имеет и какую-то силу. Ведь каждое [из этих тел], если ему не препятствовать, устремляется к своему собственному месту...» [29, с.123].

Это выражение во многом определило специфику физической динамики Аристотеля, которая принципиально отличается от механики атомистов. В основу динамики Аристотеля были положены не абстрактные и умозрительные начала или принципы, а, наоборот, некоторые факты воспринимаемой действительности: например, объект (телега) движется, пока к нему приложена сила (пока ее тянет лошадь). Это наблюдение не является достаточно фундаментальным, но оно очевидно и верно, и на его основе была построена соответствующая механика определенного мира (в котором нет пустоты, скачков и т.д.), прослужившая людям тысячелетия. Ее сменила механика Галилея–Ньютона, которая вновь вернулась к абстрактным представлениям о движении тел в пустоте, послужившим основами классической механики.

Механика Аристотеля функционировала лишь в его модели мира. Она была построена на очевидных явлениях земного мира, в этом мире она и работала. Но это лишь один из уровней аристотелевского космоса. Космологическая модель Аристотеля функционировала в конечном и неоднородном пространстве, которое обладало центром, совпадающим с центром Земли. При этом космос у него был разделен на два уровня: земной (подлунный) и небесный. Для них характерны совершенно различные объекты, участвующие в различных движениях и подчиненные разным законо-

мерностям. Поэтому в системе Аристотеля было место для математической астрономии, но не было места для математической физики, которая характерна лишь для науки Нового времени (Декарт, Галилей и др.).

Подлунный мир, согласно Аристотелю, состоит из четырех стихий, которые восходят к представлениям ранних досократиков, — земли, воды, воздуха, огня. Эти стихии либо участвуют в прямолинейных естественных движениях, несутся к своим естественным местам (например, тяжелые тела устремляются к центру Земли), либо находятся в вынужденных движениях, которые продолжаются, пока на них действует сила. Что касается надлунного (небесного) мира, то он представлялся Аристотелю состоящим из эфирных тел, пребывающих в бесконечном, совершенном, круговом, естественном движении. Этот уровень пролегает от сферы Луны до сферы неподвижных звезд, которая замыкает космос: далее нет ни материи, ни пустоты. Эта космологическая модель в дальнейшем уточнялась, но в общих чертах она оставалась почти неизменной около двух тысячелетий, являясь основой христианской и средневековой космогонии.

Космология и механика Аристотеля просуществовали столь долго в силу их созвучности господствующим философским и теологическим догмам христианства, что открывало широкие возможности для постоянных корреляций системы с наблюдаемыми фактами и делало отказ от нее крайне затруднительным.

Однако в системе Аристотеля были и другие ингредиенты, которые оказались еще более жизнеспособными и во многом определили развитие науки вплоть до настоящего времени. Причем их жизнеспособность определяется не созвучием с господствующими догмами, а их корректностью и плодотворностью в научном отношении. Речь идет о логическом учении Аристотеля, о его силлогистике и т.д. На основе этих концепций (логики и гносеологии Аристотеля) были развиты первые научные теории (например, геометрия Евклида).

Геометрия Евклида, оперировавшая идеализированными твердыми телами, имела непосредственное отношение к реальному макромиру. Был и еще один объект реального мира, свойства которого определили специфику геометрических представлений Евклида, — речь идет о свете, свойства которого рассматривались в его «Оптике». Причем сам он отмечал, что его оптические исследования носят геометрический характер. Таким образом, с самого нача-

ла следует подчеркнуть «заземленность» геометрии Евклида — она не только генетически восходит к практическому землемерию, но в ее основе лежат и эмпирические объекты макромира, либо обладающие определенной идеальностью (свет), либо сконструированные в процессе идеализации (твердое тело). Важно отметить резкое отличие и даже противоположность объектов, на базе которых построены античные геометрические представления: твердое тело и «бестелесный» свет. Если твердое тело выступало как нечто статичное, то свет рассматривался на протяжении тысячелетий как чистое движение, движение без материи.

Таким образом, когда А. Эйнштейн замечает, что геометрия Евклида является «первой логической системой понятий, трактующих поведение каких-то природных объектов» [32, с.104], то речь идет об определенных природных объектах, о твердых телах и световых лучах. Огромной заслугой Евклида и его предшественников, представления которых он обобщил и систематизировал, является выбор в качестве объектов теории именно твердого тела и световых лучей. В основу теории необходимо брать эмпирические факты, но это должны быть определенным образом препарированные факты, которые в своей идеальности отражали бы не частные (как в механике Аристотеля), а фундаментальные свойства реального мира. На основе подобных идеализированных объектов была построена геометро-оптическая система Евклида.

Объекты этой системы адекватно характеризовали пространственно-временную сущность реального макромира. Речь идет о земном мире, о его фрагменте, который служит для эмпирической интерпретации и верификации научных теорий. Не будет большим преувеличением (если это вообще преувеличение) утверждать, что наша логика, математика и естествознание основаны в конечном счете на свойствах твердого тела и светового луча, ибо эти объекты определяют комплекс эмпирических интерпретаций любых теоретических построений.

В земных условиях геометро-механические и оптические операциональные процедуры служили основой всей классической физики, ее концептуального аппарата, пространственно-временных представлений. Следует отметить, что первоначально представляли геометрию Евклида в определенной сопричастности с высшим миром. Ее идеальные образы лишены случайностей, характерных

для наблюдаемых в природе объектов. Геометрические идеальные объекты (например, сфера) запечатлены в созданном богом космосе, который предстает как гармония сфер, а математические доказательства рассматриваются как обладающие наивысшей достоверностью (исключая Откровение). Обожествующая геометрия выступала в единстве с оптикой.

Свет очаровал и средневековых мыслителей, появилась даже особая «метафизика света» («О свете» Гроссетеста, «Перспективы» Витело и др.). Свет является идеальным представителем идеальных объектов геометрии в реальном, неидеальном мире. Свет, полагали они, — это физический объект, обладающий идеальными теоретическими свойствами геометрических объектов. Соответственно сформировалось и представление, что теоретическое понимание физического мира возможно достичь лишь посредством оптических исследований. Долгое время вся физика сводилась к оптике. Четко формулировал эту доктрину Гроссетест: «Законы оптики являются основой любого естественнонаучного объяснения». Такой «люксизм» (аналог механицизма, от лат. *lux* — свет), характерный для науки той эпохи, объясняется тем, что свет оказался тем гармонизирующим центром, благодаря которому могли совпадать в едином знании достоверность чувственного опыта, достоверность математической теории и метафизическая достоверность действительного бытия [33, с.162]. Определенная идеальность света, его способность к «двойному присутствию» (и в идеальном мире геометрии, и в реальном мире) определили возникновение экспериментальной физики. Экспериментировать с таким идеальным объектом, как свет, или проводить теоретическое развитие системы оказывалось занятием примерно однопорядковым.

Телескоп, направленный на небо, позволил обнаружить, сколь несостоятельна была аристотелевская картина мира и сколь глубоки были революционные представления Н. Коперника, который развил гелиоцентрическую модель мира. Работа Коперника «О вращении небесных сфер» сначала была воспринята как удобный расчетный аппарат, хотя в ней коренным образом изменялась вся концептуальная система старого мира и его пространственная структура. В соответствии с представлениями Н. Коперника отношения космических объектов носили сугубо физический характер, земля и небо подчинялись единым законам, космос предстал как единая

конструкция, которой соответствовала концепция единого однородного пространства, и т.д.

Чтобы создать гелиоцентрическую систему мира, был необходим гений Коперника, но, чтобы ее понять, принять и далее развить, необходимо было быть по крайней мере Дж. Бруно, Г. Галилеем, столь же талантливыми и отважными. Таких людей было немного. Одних страшили преследования инквизиции, других останавливало непонимание: слишком необычной была новая система мира, она противоречила непосредственным восприятиям (ведь каждый видел движение Солнца по небосклону и никто не замечал движения Земли), авторитету Библии (ведь Иисус Навин остановил движущееся Солнце, а не Землю). Они противоречили и целому ряду теоретических и физических положений (например, известным аргументам Птолемея в пользу неподвижности Земли: при движении Земли ход естественных процессов был бы нарушен, облака и птицы уносились бы на запад, падающие тела соответственно отклонялись и т.д.). Все эти проблемы достались по наследству XVII веку, в котором плеяда блестящих философов, физиков и математиков (причем, как правило, все эти науки были представлены в одном лице — таковы Декарт, Галилей и др.) взяла на себя труд тщательного обоснования, доказательства и развития учения Коперника.

Первым шагом на этом пути можно считать открытие И. Кеплером («Новая астрономия» и «Гармония мира») трех основных законов движения планет:

- 1) каждая планета движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце;
- 2) каждая планета движется в плоскости, проходящей через центр Солнца, причем площадь сектора орбиты, описанная радиус-вектором планеты, изменяется пропорционально времени;
- 3) квадраты времен обращения планет вокруг Солнца относятся как кубы их средних расстояний от Солнца.

Кеплер ввел в науку представление об орбитах эллиптических, что имело большое методологическое значение и способствовало интеллектуальному раскрепощению Европы. Таким образом, он отошел от обожествления одного из элементов геометрии, а именно круга или сферы, но при этом обожествил саму геометрию, ма-

тематическое и физическое учение о пространстве. Кеплер не только считал, что «следы геометрии запечатлены в мире так, словно геометрия была прообразом мира», но и что «геометрия есть сам бог» [34, с.145–146].

Динамические представления Кеплера находились еще под определенным влиянием аристотелевской доктрины. Так, он считал, что если не поддерживать движение объекта внешним воздействием, то он остановится. Кеплер не сумел дойти до идеи инерции. Она была сформулирована Галилеем, который внес огромный вклад в обоснование гелиоцентрической системы.

Г. Галилей вскрыл несостоятельность аристотелевской картины мира как в эмпирическом, так и в теоретико-логическом плане. В частности, он показал, что все аргументы в пользу неподвижности Земли основаны не только на наблюдении, как это пытались представить сторонники геоцентрической системы, но и на молчаливом предположении, что Земля неподвижна. Только исходя из такого предположения можно утверждать, что камень падает вдоль башни по прямой линии. Если же исходить из того, что Земля движется, то траектория движения этого камня будет уже кривой. Иными словами, в подобных примерах перипатетиков предполагается известным то, что еще требуется доказать [35, с.114].

С помощью телескопа Галилей сделал выдающиеся открытия. На Луне оказались горы и кратеры, у планет — спутники, а Млечный Путь предстал как гигантское скопление звезд. Все это привело к переоценке значения телескопа. Стало ясно, что он повышает разрешающую способность зрения. Это открыло путь к экспериментальному естествознанию, которое немислимо без точных измерений и приборов.

Эксперименты с идеальным объектом (свет) были трансформированы в идеализированные эксперименты, и на этом пути развивалась классическая физика. В идеализированном эксперименте оказалось возможным настолько «очистить» исследуемый объект и поместить его в такие условия, что он по своей идеальности (абсолютно гладкая плоскость, твердое тело и т.д.) становился вровень со светом. Как и свет, эти объекты являлись элементами особого мира, который предстал как геометро-кинематическая система. Этот процесс очень четко охарактеризован К. Марксом: «Чувственность теряет свои яркие краски и превращается в абстракт-

ную чувственность геометра. Физическое движение приносится в жертву механическому или математическому движению; геометрия провозглашается главной наукой» [36, с.143].

Оказалось, что такая модель реальности наиболее адекватно реализована не на Земле, а на небе, в механическом движении планет Солнечной системы, которое происходит в пустом пространстве, без трения и т.д. Это определило решающее значение небесной механики в развитии классической физики и механической картины мира.

Что касается математизированной физики, то само ее существование немислимо без точных измерений, поэтому возникает необходимость создания точных измерительных приборов, которые базировались бы на определенной научной теории. Как пишет А. Коире, в классической науке «не только реальные эксперименты основаны на теории, но даже средства, которые позволяют их осуществить, являются воплощенной теорией» [37, с.278]. Объединение теории и эксперимента (теоретического и эмпирического) характеризует физику Нового времени.

Галилей анализировал движение тел по наклонной плоскости и пришел к формулировке принципа инерции: «Когда тело движется по горизонтальной плоскости, не встречая никакого сопротивления движению, то... движение его является равномерным и продолжалось бы бесконечно, если бы плоскость простиралась в пространстве без конца» [38, с.417–418]. Здесь может возникнуть предположение, что Галилей рассматривал прямолинейное инерциальное движение, но это не так. Разбиралось круговое инерциальное движение, и в вышеприведенном принципе речь шла о поверхности Земли. На представлении об инерциальных круговых движениях построена небесная механика Галилея. Однако движение небесных тел могло получить действительное объяснение только на основе развития представлений о прямолинейном инерциальном движении, которое было сформулировано Декартом.

Можно предположить, что Галилей, Декарт и Ньютон рассматривали различные сочетания концепций пространства и инерции. В их трудах можно встретить различные способы индуктивных обобщений экспериментальных фактов в соответствии с различными картинами мира: у Галилея признается пустое пространство и круговое инерциальное движение, Декарт дошел до идеи прямолинейного инерциального движения, но отрицал пустое про-

странство, и лишь в натурфилософии Ньютона произошло объединение двух необходимых ингредиентов классической механики пу-стого пространства и прямолинейного инерциального движения.

Ньютоновские законы движения существенно отличались от за-конов и представлений его предшественников по способу их выве-дения. Впервые в науке стало возможным из состояния движения в данный момент времени выводить состояние, непосредственно сле-дующее за ним, и т.д. Это осуществилось после развития диффе-ренциального и интегрального исчисления (Ньютон, Лейбниц и др.).

Число научных открытий Ньютона очень велико, но трудно переоценить тот факт, что в «Математических началах натураль-ной философии» он развил такую форму физической теории, кото-рая стала канонической. Построение своей системы Ньютон начи-нает с определения базисных физических понятий, таких как «мас-са», «количество движения», «инерция», «сила» и т.д. После этих определений он вводит понятия абсолютного и относительного пространства, времени и движения, чему посвящено «Поучение», завершающее первую главу «Начал». Вторая глава посвящена аксиомам, в роли которых выступают три закона движения.

Понятия пространства и времени вводятся Ньютоном на началь-ном уровне изложения, а затем получают свое физическое содер-жание с помощью аксиом через законы движения. Однако они предшествуют аксиомам не только потому, что ими определяются, но и потому, что служат как бы необходимым «фоном» для реали-зации аксиом: законы движения классической механики спра-ведливы в инерциальных системах отсчета, которые определяются как системы, движущиеся инерциально по отношению к абсолют-ному пространству и времени.

Абсолютное пространство выступало в системе Ньютона, так сказать, в различных ипостасях: это — теологическое про-странство, т.е. как «чувствовали» бога (с помощью абсолютного пространства бог «чувствовал» одновременно все точки бесконеч-ной Вселенной); это — пространство, которое характеризует кар-тину мира, т.е. пустота; это — теоретическое пространство как универсальная инерциальная система отсчета [22, с.43]. Следует также учесть, что законы сохранения таких фундаментальных фи-зических величин, как энергия, импульс и момент количества дви-жения, связаны в классической физике с симметрией пространства

и времени, являются следствием того, что пространство и время изотропны и однородны [39, с.137].

В XIX веке критика абсолютного пространства и времени Ньютона приобрела иной характер и велась чаще в связи с физическими проблемами. Так, Э. Мах отвергал абсолютное пространство и время на том основании, что экспериментально наблюдаемы только относительные движения, временные промежутки, скорости и т.д. Это утверждение фактически составляет содержание одной из формулировок «принципа Маха». Он привлекает внимание современных физиков и философов, которые формулируют его следующим образом: «...инерциальная система отсчета определяется распределением масс во Вселенной, сила инерции, действующая на тело, есть результат гравитационного воздействия на это тело удаленной материи, и инертная масса тела определяется всей материей во Вселенной» [40, с.202].

Некоторые позитивисты, опираясь на принцип Маха, попытались избавиться от лишнего операционального значения абсолютного пространства. Дело в том, что закон инерции справедлив в инерциальных системах отсчета, т.е. в системах, которые движутся равномерно и прямолинейно (или покоятся). Но как выяснить, что система является инерциальной? Необходимы какие-то абсолютные ориентиры, некий абсолютный фон, относительно которых можно было бы определить инерциальность конкретных систем отсчета. Таким фоном и выступает абсолютное пространство, по отношению к которому справедлив закон инерции.

Критика Э. Махом концепции абсолютного пространства, времени и движения Ньютона шла под флагом отрицания их объективности. В этом характерная черта махизма, который был встречен в штыки наиболее последовательными физиками. А вот что писал об учении Маха М. Планк: «Согласно этому учению, в природе не существует другой реальности, кроме наших собственных ощущений, и всякое изучение природы является, в конечном счете, только экономным приспособлением наших мыслей к нашим ощущениям, к которому мы приходим под влиянием борьбы за существование. Разница между физическим и психическим — чисто практическая и условная; единственные существенные элементы мира, это — наши ощущения» [41, с.46].

Ньютон понимал, что физическая теория должна создавать возможность приложения теоретических понятий и структур к эмпири-

ческим фактам, должна быть эмпирически интерпретируема. Поэтому в классической механике существовали еще и относительные пространство и время. Так, первое выступало как протяженность материальных объектов (экстензионная концепция). При этом относительное пространство являлось мерой абсолютного пространства, первое может быть представлено как множество конкретных инерциальных систем отсчета, находящихся в относительном движении. В соответствии с относительным пространством Ньютон ввел и относительное время: «Относительное, кажущееся или обыденное время есть или точная, или изменчивая, постигаемая чувствами, внешняя, совершаемая при посредстве какого-либо движения мера продолжительности, употребляемая в обыденной жизни вместо истинного математического времени, как-то: час, день, месяц, год» [42, с.30].

Таким образом, помимо теоретических пространства и времени, которые задаются законами механики и являются математическими, Ньютон ввел эмпирические пространство и время, которые постигаются чувствами, служат мерой для теоретических структур, употребляются в обыденной жизни и даны на языке наблюдений.

3.2. КРИЗИС ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ КЛАССИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Классическая механика, созданная усилиями таких выдающихся мыслителей, как Г. Галилей, Р. Декарт, И. Кеплер, И. Ньютон, прекрасно описывала и объясняла многообразный круг физических явлений. Но с созданием Ньютоном «Начал» развитие классической механики не закончилось. Наоборот, с этого времени широко развернулись работы по совершенствованию механики и распространению ее на новые области исследований. Механика стала трактоваться как некая абсолютная единая наука. Приложение механики к различным областям физических явлений и процессов было плодотворно осуществлено такими физиками и математиками, как Л. Эйлер, А. Клеро, Д. Бернулли, Ж. Даламбер, Лагранж и др. Была разработана динамика точки, динамика твердого тела, гидродинамика, акустика, оптика, теория теплоты, теория электричества и т.д. Вселенная предстала как гигантский механизм.

В свое время Б. Риман, рассматривая специфику евклидова пространства и времени в классической физике, писал: «Эмпирические понятия, на которых основывается установление пространственных метрических отношений, — понятия твердого тела и светового луча, — по-видимому, теряют всякую определенность в бесконечно малом. Поэтому вполне мыслимо, что метрические отношения пространства в бесконечно малом не отвечают геометрическим допущениям, мы действительно должны были бы принять это положение, если бы с его помощью более просто были объяснены наблюдаемые явления» [43, с.323]. В этом рассуждении интересна мысль о возможной макроскопичности пространства и времени классической физики; это ведет к пересмотру концепции универсального абсолютного пространства и времени Ньютона и определяет путь к изменению операциональных процедур классической физики при переходе к изучению микромира.

Классическая механика Ньютона основана на законах движения, носящих дифференциальный характер, т.е. предполагается, что движение осуществляется от точки к точке, и это определяет возможность из состояния движения в данный момент времени выводить состояние, непосредственно следующее за ним. В этом пункте законы движения Ньютона существенно отличались от законов и представлений его предшественников. Эйнштейн по этому поводу писал, что «ясное понимание дифференциального закона есть одно из величайших духовных достижений Ньютона», ибо «дифференциальный закон является той единственной формой причинного объяснения, которая может полностью удовлетворять современного физика» [32, с.83].

Когда современный физик рассматривает подход, основанный на принципе наименьшего времени Ферма, то у него возникают определенные недоумения: «Легко понять идею причинности, проявляющуюся в том, что свет идет из одной точки в другую, а затем в следующую. Но принцип наименьшего времени есть философский принцип, который совсем иначе объясняет причину явлений в природе. Вместо причинной обусловленности, когда из одного нашего действия вытекает другое и т.д., этот принцип говорит следующее: в данной ситуации свет выбирает путь с наименьшим, или экстремальным временем. Но как удастся свету выбирать свой

путь? Вынюхивает он что ли соседние пути и сравнивает их потом друг с другом?» [44, с.18–19].

Постепенно в механику внедрился принцип наименьшего действия. С этим принципом будут связаны все теории, которые ознаменуют крах механицизма, — теория электромагнетизма, теория относительности Эйнштейна, квантовая теория.

Развивая механическую теорию света, физики пришли к выводу о его волновой природе. Об этом, в частности, свидетельствовали такие факты, как громадная скорость света, отсутствие взаимодействия лучей света, проходящих через одну точку, интерференция, дифракция и т.д. В силу того, что световые волны порождались каждой точкой источника света, для их распространения необходима была особая среда — эфир.

Так возникло первоначальное атомистическое представление об эфире: каждая частица эфира могла быть представлена как источник вторичных элементарных волн, и можно было объяснить огромную скорость света с помощью огромной твердости и упругости частиц эфира. Когда скорость света принималась бесконечной, то и частицы эфира наделялись (например, Декартом) абсолютной твердостью и были плотно «упакованы».

После опытов Рёмера, который установил конечность скорости света, физики вынуждены были прийти к заключению о том, что частицы эфира обладают конечной твердостью [45, с.24], [46, с.31]. Постепенно эфир начинал приобретать характер идеальной жидкости, заполняющей все пространство, и, что самое главное, выполнял определенные функции пространства. Собственно, как отмечает К. Дьюрелл, эфир можно отождествить с самим пространством. В оптике эфир выступал в качестве необходимого носителя световых волн, а в механике он предстал в роли привилегированной системы отсчета, т.е. давал возможность установить наличие абсолютного движения или абсолютной системы отсчета.

С концепции эфира начинается существенный пересмотр пространственно-временных представлений классической физики.

Первоначально свет рассматривался (Х. Гюйгенсом, О. Френелем и др.) как продольные волны в эфирной идеальной жидкости. Однако в опытах О. Френеля и Д. Араго было обнаружено, что во взаимно перпендикулярных плоскостях поляризованные световые пучки не интерферируют. Пытаясь объяснить странное поведение

световых пучков, Т. Юнг высказал гипотезу о том, что световые волны являются не продольными, а поперечными. Френель также пришел к аналогичному выводу, но долгое время не решался опубликовать свои представления: настолько они противоречили принятым представлениям. Лишь после того, как стало ясно, что гипотеза о поперечном характере световой волны не противоречит принципам механики, она была представлена Френелем на рассмотрение физикам. Естественно, сразу встал вопрос о структуре эфира, который передает поперечные световые волны и гасит продольные.

В опытах Рёмера выяснилось, что скорость света является хотя и очень большой, но все же конечной величиной: $c = 300\,000$ км/с. Конечность скорости света позволила объяснить очень интересное явление, открытое Брэдли в 1728 году, а именно абберрации звезд. Ранее допускалось, что скорость света, идущего от различных звезд, является величиной постоянной.

Необходимо было каким-то образом попытаться зафиксировать различие скорости света, приходящего к нам от различных звезд. Было выдвинуто положение, что свет от звезд, распространяющийся с различной скоростью, должен по-разному преломляться в призме. В соответствии с этим было решено измерить преломление света звезд, от которых Земля удаляется, и звезд, к которым она приближалась. Провели опыт, и оказалось, что в обоих случаях преломление света было одинаковым! Движение Земли никак не сказывалось на преломлении света звезд.

Так впервые в физику вошло положение о постоянстве скорости света, о независимости ее от движения источника (или приемника).

Впоследствии для обнаружения движения Земли относительно эфира в 1881 году А. Майкельсоном был поставлен опыт. В основе его заключалась попытка обнаружения сдвига интерференционных полос, который зафиксировал бы разницу в скорости света по направлению движения Земли и по перпендикулярному направлению — так располагались два плеча интерферометра Майкельсона. Для усиления эффекта производился поворот установки, что вело к смене направлений плечей интерферометра. Результат опыта Майкельсона оказался отрицательным.

Опыт Майкельсон вскрыл противоречия, которые оказались в самой механической картине мира, противоречия с принципами механики, с господствующими представлениями о пространстве и вре-

мени. Он затронул фундаментальную проблему механики — обнаружение абсолютного движения, движения относительно абсолютного пространства, с которым органично был связан неподвижный эфир. Выяснилось, что скорость света не зависит от движения тела, на котором производятся измерения. Оптические явления зависят только от относительного движения материальных тел. Это положение М. Борн [47] характеризует как принцип относительности и подчеркивает, что он имеет иной смысл, чем принцип относительности классической механики: в применении к свету новый принцип касается скорости и направления движения, а в классической механике эти величины зависят от движения системы отсчета.

Оптические явления не сводились к механике. Далее усилиями Био и Савара был выведен закон магнитного действия электрического тока, согласно которому если по отрезку проводника l проходит ток силой I , то он создает в данной точке M пространства магнитное поле напряженностью H . Закон записывается в следующем виде:

$$cH = \frac{It}{c^2},$$

где r — расстояние от проводника l до точки M , а c — константа. Этот закон оказался необычным. Удивление вызывал тот факт, что в нем фигурировала константа c , которая имела размерность скорости. В 1856 году В. Вебер и Р. Кольрауш поставили специальный опыт для определения ее величины. Этот опыт, писал М. Борн, принадлежал к наиболее памятным достижениям точного физического измерения не только в силу сложности, но и ввиду далеко идущих последствий, которые вызвал полученный результат [47, с.200]. Значение составило $3 \cdot 10^{10}$ м/с, что точно соответствовало скорости света.

Такое совпадение мало кто считал простой случайностью. Однако истинная связь электромагнетизма и света была выяснена лишь в электродинамике Фарадея–Максвелла: свет оказался разновидностью электромагнитных волн. Эта теория еще больше подорвала позиции механической картины мира. Фарадей ввел в физику представление о близкодействии (т.е. о передаче любых воздействий от точки к точке с конечной скоростью), которое вошло в

резкое противоречие с механической доктриной, основанной на дальном действии (мгновенной передаче таких воздействий на любые расстояния). Следует отметить, что именно мгновенное дальное действие лежит в основе ньютоновского представления об абсолютных пространстве и времени. В рамках этой доктрины были развиты механические модели эфира и сделаны первые разработки в области электричества и магнетизма (Ф. Эпинус, Ш. Кулон и др.). Фарадей выдвинул и развил необычную для механики концепцию, введя понятие электромагнитного поля.

Многочисленные экспериментальные законы и подобные концептуальные представления нашли свое обобщение и обоснование в системе дифференциальных уравнений Максвелла, из которых следовала возможность существования электромагнитного поля, распространяющегося в пустоте (эфире) со скоростью света. Уравнения Максвелла описывали структуру электромагнитного поля и характеризовали появление в физике принципиально нового типа закономерностей. «Ареной этих законов является все пространство, а не одни только точки, в которых находятся вещество или заряды, как это принимается для механических законов» [32, с. 448]. Что касается света, то оказалось, что он является лишь определенным видом электромагнитного поля.

ГЛАВА 4

ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ В ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ЭНШТЕЙНА

4.1. Специальная теория относительности

В 1905 году кризисное состояние физики было всем очевидно. Противоречия достигли своего апогея. Чтобы их преодолеть, физики пришли к двум основным положениям:

- 1) законы природы (механические, электромагнитные и др.) одни и те же в различных инерциальных системах, и нет никаких средств обнаружить абсолютное прямолинейное и равномерное движение;
- 2) скорость света постоянна и не зависит от движения его источника.

Данные положения противоречили преобразованиям Галилея ($x' = x - vt$, $y' = y$, $z' = z$, $t' = t$), которые функционировали в классической механике и задавали преобразование пространственных (x, y, z) и временных (t) координат при переходе от одной инерциальной системы к другой, движущейся относительно первой со скоростью v в направлении оси OX .

Долгое время возникшее противоречие пытались разрешить, исходя из предположения об априорной истинности преобразований Галилея, с которыми следовало во что бы то ни стало согласовать оба положения. На этом этапе осуществлялись эпизодические попытки ввести новые преобразования пространства и времени, но они касались решения частных проблем и интерпретировались лишь как удобный математический прием. Таково неньютоновское

время, фигурирующее в теории Лоренца, которое последний интерпретировал как локальное и не затрагивающее универсального статуса абсолютного времени классической механики.

Так как эти преобразования не привели к согласию в физическом мире, то ученые пошли двумя путями.

Во-первых, к решению проблемы можно было подойти сугубо математически, т.е. найти более общие математические преобразования, которые охватывали бы и электромагнитные явления. Так были найдены преобразования Лоренца, с которыми согласовывались ранее открытые уравнения Максвелла, характеризовавшие электромагнитные процессы.

Во-вторых, была осуществлена попытка критически проанализировать физические предпосылки преобразований Галилея. Этот подход был реализован Эйнштейном, который пришел к тем же преобразованиям, что и Лоренц. В результате возникли споры о приоритете в создании теории относительности.

Поскольку Лоренц и Пуанкаре вывели новые преобразования пространства и времени раньше Эйнштейна, это дало повод Э. Уиттекеру считать их создателями теории относительности [48, с.205]. В такой ситуации выделение вышеуказанных двух путей разрешения противоречий классической физики, которые привели к новым преобразованиям Лоренца, — математический путь Пуанкаре и физический путь Эйнштейна, — в определенной степени снимало остроту споров о приоритете. Реконструкцию «двухколейного» пути к созданию теории относительности отстаивал В. Паули. Он писал: «В совпадении результатов, полученных независимо друг от друга Эйнштейном и Пуанкаре, я усматриваю глубокий смысл гармонии математического метода и анализа, проводимого с помощью мысленных экспериментов, опирающихся на всю совокупность данных физического опыта» [49, с.189].

Однако ситуация, с нашей точки зрения, была значительно сложнее, и дуализмом математического и физического подходов мало что можно объяснить. Речь шла не просто о выводе формулы или группы преобразований, а о настоящей революции в физике, которая знаменовала смену естественнонаучной картины мира, Поэтому и различия между подходами носили фундаментальный характер и касались философских позиций физиков. Например, Лоренц был правоверным механицистом: даже введя в физику но-

вые преобразования, он рассматривал их лишь как удобный вычислительный прием и не пытался ревизовать универсальное абсолютное время ньютоновской механики. Причем подобная позиция еще могла быть понятна в конце XIX века, когда новые пространственно-временные преобразования только были введены в физику и в известной мере лишены физического содержания [50, с.55.]. Но Лоренц не отказался от своих представлений и после создания теории относительности. Так, в 1910 году в лекции в Гёттингене он заявил о своем нежелании расстаться с идеей абсолютного пространства и времени [51, с.262–263].

А. Пуанкаре, который не только вывел группу преобразований (которая впоследствии стала носить имя Лоренца) в процессе математического творчества, но и дал глубокий физический анализ оптических явлений в движущихся телах, развил соответствующий этим явлениям новый принцип относительности пространства и движения, провел содержательный анализ проблемы измерения времени и т.д. В этих исследованиях Пуанкаре во многих случаях предвосхитил идеи Эйнштейна. Однако теории относительности Пуанкаре не создал! Ему помешала его философия — он был приверженцем конвенционализма. Недаром В.И. Ленин охарактеризовал Пуанкаре как «крупного физика и мелкого философа» [52, с. 170].

Лоренц и Пуанкаре связывали новые преобразования с изменением пространственно-временных свойств движущихся объектов, а не с изменением свойств пространства и времени. Соответственно релятивистские эффекты — сокращение длины, замедление времени — выступали как динамические эффекты, которые как бы обусловлены действием сил, которые приводят к сокращению длины объекта и замедлению времени. На самом же деле свойства пространства и времени, с одной стороны, и пространственно-временные свойства движущейся материи — с другой, находятся в определенной взаимосвязи, которая в более конкретном контексте проявляется как «дополнительность» геометрии и физики. Такая дополнительность при желании и при следовании определенным методологическим нормам позволяет в широких пределах оставлять неизменными свойства пространства и времени, трансформируя все необходимые изменения к пространственно-временным свойствам движущихся объектов. Например, астрономы обнаружили,

что луч света от далекой звезды, который согласно классическим представлениям должен двигаться по прямой линии, «не укладывается» в рамки евклидовой геометрии. Для объяснения этого обстоятельства можно пойти двумя путями и соответственно допустить:

- 1) пространство в космических масштабах искривлено, оно неевклидово;
- 2) космическое пространство евклидово, но какая-то сила искривляет световой луч, и он не прямолинеен.

Рассматривая эту ситуацию, Пуанкаре писал: «Разумеется, мы совершенно свободно можем выбрать то или другое определение, а следовательно, и то или другое заключение; но выбрать первое было бы неразумно, потому что луч света, вероятно, удовлетворяет весьма несовершенным образом не только постулату Евклида, но и другим свойствам прямой линии. В самом деле, он уклоняется не только от евклидовой прямой, но и от другого несовершенного образа этой прямой — от оси вращения твердых тел; да, наконец, он подвержен всевозможным изменениям, так что та линия, которая вчера была прямой, перестала бы быть таковой завтра, если бы изменились физические условия среды» [53, с.145]. Согласно Пуанкаре, не природа дает нам понятие пространства и времени, а мы, исходя из соображений удобства, задаем их природе.

Тесное переплетение физики и философии в теории относительности обусловило наличие двух типов представлений об истоках этой теории: одни ученые полагали, что она знаменует революцию в физике и качественно отлична от работ непосредственных предшественников Эйнштейна. Иные считали, что она была лишь завершением усилий Лоренца, Пуанкаре и др. Более того, М. Борн писал даже, что работа Эйнштейна была «последним и решающим элементом в фундаменте, заложенном Лоренцем, Пуанкаре и другими, на котором могло держаться здание, воздвигнутое затем Минковским» [54, с.324], т.е. получается, что здание построил не Эйнштейн.

Теория относительности Эйнштейна знаменовала резкий разрыв в методологическом и философском отношениях с предшествующими разработками и вместе с тем представляла историческую преемственность в развитии научного знания.

И Лоренц, и Пуанкаре в основном стремились выяснить, при каких предположениях равномерное движение тел относительно

эфира будет совершенно незаметно. Эйнштейн коренным образом изменил саму постановку вопроса: он показал, что, приняв принципы относительности и осуществив синхронизацию часов светом, мы не будем нуждаться ни в каких других дополнительных гипотезах и что преобразования Лоренца непосредственно следуют из указанных предположений [55, с.130].

Отрицание существования эфира и принятие постулата о постоянстве и предельности скорости света легли в основу теории относительности, которая выступает как синтез механики и электродинамики. Синтез диалектический, так как теория относительности не механически соединяет два момента вышеуказанного противоречия механики и электродинамики, а, так сказать, переплавляет их в единой теории. Она решительно сломала односторонний подход классического естествознания, возводившегося метафизикой в абсолют. Ее создатель не побоялся взять за исходные экспериментально полученные противоречащие здравому смыслу положения, соответствующим образом обобщив и диалектически соединив их. Задача была очень актуальная. Мало того, что ждали своего конструктивного объяснения «отрицательные опыты» (например, опыт Майкельсона–Морли), но главное — было нарушено единство физики, которое вело к ранее неведомой ситуации: нарушалась гармония теории и ее операциональных методов.

В работе «К электродинамике движущихся тел», ознаменовавшей создание специальной теории относительности, Эйнштейн четко изложил исходные пункты новой теории.

Во-первых, неудавшиеся попытки обнаружить движение Земли относительно эфира привели его к предположению, «что не только в механике, но и в электродинамике никакие свойства явлений не соответствуют понятию абсолютного покоя», и даже более того, к предположению, что «для всех координатных систем, для которых справедливы уравнения механики, справедливы те же самые электродинамические и оптические законы, как это уже доказано для величин первого порядка» [56, с.7–9]. Тезис явился новым принципом относительности.

Во-вторых, Эйнштейн принял допущение, которое находится с первым положением лишь в кажущемся противоречии: свет в пустоте всегда распространяется с определенной скоростью V , не зависящей от состояния движения излучающего тела. Здесь важно

отметить, что хотя пустота Ньютона изгоняется из формального языка теории и речь идет о реляционном пространстве, тем не менее в неформальном языке пустота сохраняется — в ней-то и распространяется свет с предельной и конечной скоростью.

Указанные предпосылки (принцип относительности и принцип постоянства скорости света) позволили Эйнштейну перейти от теории Максвелла для покоящихся тел к непротиворечивой электродинамике движущихся.

Эйнштейн начинает построение теории относительности с определения одновременности, используя световые сигналы для синхронизации часов [56, с.7–9]. «Тот факт, что свет распространяется с определенной конечной скоростью, — подчеркивал Л.И. Мандельштам, — в теории относительности приобрел совершенно исключительное значение, он имеет для учения о времени такое же значение, как факт существования твердых тел для учения о пространстве» [57, с.88].

Коренным отличием специальной теории относительности от предшествующих физических теорий является признание пространства и времени в качестве внутренних элементов движения материи, структура которых зависит от природы самого движения, является его функцией. Причем в специальной теории относительности вскрывается не только форма зависимости свойств пространства и времени от движения, но и взаимосвязь самих этих категорий, что отражено в преобразованиях Лоренца.

Следует подчеркнуть, что Эйнштейн пришел к преобразованиям Лоренца оригинальным путем, основываясь на своих постулатах, в то время как Лоренц и Пуанкаре принимали их (преобразования) априори, дабы сохранить инвариантность уравнений Максвелла для пустого пространства. В подходе Эйнштейна эти преобразования оказываются органично связанными. Правда, пока еще оставалось неясным, как понимать «равноправность» этих категорий. Важный вклад в их понимание внес Г. Минковский. Он показал органическую взаимосвязь пространства и времени, которые оказались компонентами единого четырехмерного континуума. Критерий объединения относительных свойств пространства и времени в абсолютное четырехмерное многообразие характеризуется инвариантностью четырехмерного интервала $dS^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - dt^2 \cdot c^2$. «Отныне, — писал Минковский, — пространство само по себе и

время само по себе должны обратиться в фикции и лишь некоторый вид соединения обоих должен еще сохранить самостоятельность» [58, с.173].

Смысл введенного Минковским представления о едином четырехмерном мире состоит в том, что пространству и времени отводится роль проекций. При таком подходе, например, трехмерная геометрия становится частью четырехмерной физики. Более того, при анализе постулата относительности Минковский переносит акцент с относительности на абсолютность. «Так как смысл постулата не сводится к тому, — пишет он, — что в явлениях нам дается только четырехмерный в пространстве и времени мир, но что проекции этого мира на пространство и на время могут быть взяты с некоторым произволом, мне хотелось бы этому утверждению скорее дать название «постулат абсолютного мира» (или, коротко, мировой постулат)» [58, с.181].

Классическая физика оперировала двумя независимыми многообразиями: трехмерным пространством и одномерным временем. Теория относительности оперирует единым четырехмерным континуумом, разделенность которого на пространство и время лишена абсолютного смысла. Здесь лишь терминологическая бедность обуславливает использование термина «пространство-время» примерно так же, как мы могли бы воду называть «водород-кислород». «Факт отсутствия разумного объективного способа разделить четырехмерный континуум на трехмерное пространство и одномерный временной континуум указывает, что законы природы примут наиболее удовлетворительный, с точки зрения логики, вид, будучи выражены как законы в четырехмерном пространственно-временном континууме» [59, с.25].

Роль четырехмерного формализма Минковского ученые истолковывали по-разному. Одни исследователи (например, М. Лауэ) считали, что представление времени в качестве четвертой координаты, равноправной с тремя пространственными координатами, позволило Минковскому развить изящную формулировку теории относительности, но нет оснований видеть в этом нечто большее, чем удачный математический прием. Другие (например, Дж.У. Рэлей) считали введение четырехмерного мира Минковского совершенно непонятным. В одном из своих выступлений он отмечал: «Возможно, некоторые из тех, кто признает относительность, рассматривая время просто

как одно из измерений четырехмерного пространства, могут считать, что будущее отличается от прошедшего не больше, чем север отличается от юга. Но это выше моего понимания...» [60, с.139]. Наконец, третья категория исследователей (например, М. Борн) утверждала, что четырехмерный формализм Минковского представляет собой здание новой физической теории, а работы Лоренца, Пуанкаре и Эйнштейна лишь заложили фундамент этого здания.

Главное достижение Эйнштейна в теории относительности, считал Бриджмен, заключается в следующем: «Он признал, что значение термина можно найти в операциях, обеспечивающих применение этого термина. Если такие термины, как «длина» или «одновременность», применяются к конкретной физической ситуации, то их значение можно найти в операциях, с помощью которых определяется длина конкретных физических объектов, или операциях, которые определяют, являются ли два конкретных физических события одновременными или нет» [61, с.335]. Претензии необоснованны. Дело в том, что теория относительности хотя и отталкивается от анализа операции определения одновременности событий, она не сводится к ней [62, с.132].

На эмпирическом уровне Эйнштейн определял одновременность операционально, руководствуясь принципом наблюдаемости, а на теоретическом уровне — в формализме Минковского — одновременность задается уже геометрически, здесь определяющую роль играет принцип простоты. Показательно, что операционалисты встретили в штыки дальнейшее развитие теории относительности Минковским. В его работе отсутствуют наблюдатели, приборы и измерительные операции в том смысле, в каком они принимаются операционалистами.

Пространство и время в специальной теории относительности трактуются, как говорилось, с точки зрения реляционной концепции. Каково же отношение самих физиков к этой концепции и как они ее понимают? По этому вопросу существуют различные мнения. Так, М. Лауэ считал, что собственно ничего нового в концепцию пространства и времени специальная теория относительности не внесла, и речь идет лишь о выяснении разумного измерения пространства и времени. «Я подчеркиваю: измерение, — писал он, — так как пространство и время сами являются — это неопровержимо показал еще Кант — первичными врожденными формами че-

ловеческого восприятия. В этом никакое естествознание ничего изменить не может» [63, с.265]. Данное утверждение известного физика ярко показывает, как следование идеалистическим философским догмам не позволяет ученому подняться до понимания новой концепции пространства и времени. Такого шага действительно нельзя сделать, оставаясь на базе кантовского априоризма. Более того, при подобном подходе специальная теория относительности начинает смахивать на психологическую теорию, ибо ее основные проблемы связываются с измерением пространства и времени, которые, как «неопровержимо показал Кант», суть лишь формы нашего созерцания. Что же касается самого Эйнштейна, то в предисловии к книге М. Джеммера «Понятие пространства» он охарактеризовал пространство «как свойство материальных объектов занимать определенное положение» [32, с.346].

Однако было бы ошибкой представлять пространственно-временную структуру новой теории как проявление одной лишь концепции относительности. Введение Минковским четырехмерного формализма помогло выявить аспекты «абсолютного мира», заданного в абсолютном пространственно-временном континууме.

На самом деле, в теории относительности, как и в классической механике, существуют два типа пространства и времени, которые соответственно реализуют субстанциальную и атрибутивную (в данном случае реляционную) концепции. В классической механике абсолютные пространство и время выступали в качестве структуры мира на теоретическом уровне. В них была реализована субстанциальная концепция этих категорий. В специальной теории относительности аналогичным статусом обладает единое четырехмерное пространство-время. Эйнштейн четко охарактеризовал эту ситуацию: «Точно так же, как с ньютоновской точки зрения оказалось необходимым ввести постулаты *tempus est absolutum, spatium est absolutum* («время абсолютно», «пространство абсолютно» — лат.), так с точки зрения специальной теории относительности мы должны объявить *continuum spatii et temporis est absolutum* («пространственно-временной континуум абсолютен» — лат.). В этом последнем утверждении *absolutum* означает не только «физически реальный», но также «независимый по своим физическим свойствам, оказывающий физическое действие, но сам от физических условий не зависящий» [59, с.43–44].

Переход от классической механики к специальной теории относительности можно представить так:

- 1) на теоретическом уровне — это переход от абсолютных и субстанциальных пространства и времени к абсолютному и субстанциальному единому пространству-времени;
- 2) на эмпирическом уровне — переход от относительных и экстенсионных пространства и времени Ньютона к реляционному пространству и времени Эйнштейна.

С позиции развиваемого подхода не только выделяются теоретический и эмпирический уровни структуры физической теории, но их необходимо учитывать и при сравнении двух следующих друг за другом фундаментальных теорий и соответственно сравнивать структуры, относящиеся к одному и тому же уровню. В них можно, например, рассматривать соответствие:

- 1) преобразований координат Лоренца и Галилея;
- 2) абсолютного пространства-времени Минковского и абсолютного пространства и времени Ньютона.

Для измерения времени всегда выбирались наиболее быстрые движения. Так, Аристотель считал наиболее быстрым и совершенным движение небесной сферы, которое задавало универсальное время во Вселенной перипатетиков. В картине мира Ньютона допускались движения с бесконечной скоростью, и с ними связывалось универсальное время. На практике используют доступные наблюдению движения маятника, Солнца и т.д., которые обладают конечными скоростями и задают несовершенные меры и ритмы относительного времени.

Но допущение бесконечно быстрой связи позволяет синхронизировать относительные времена, и дает некое всеобщее относительное время. Пуанкаре считал, что, допуская всеобщее время, атеисты ставят себя на место, где был бы бог, если бы он существовал [64, с.17]. Речь идет об универсальном относительном времени, которое представлено на эмпирическом уровне, пусть даже подобная эмпирия выходит за рамки человеческих возможностей.

В основе механики Ньютона находится четырехмерное пространственно-временное многообразие, которое специфически расслоено вследствие существования такой величины, как абсолютное время t . Гиперповерхности, где время — величина постоянная ($t = \text{const}$), представляют собой трехмерные евклидовы про-

странства. Это условие означает, что в пространстве, где $t = \text{const}$, существуют преимущественные (декартовы) координатные системы, но это условие ничего не говорит о связи между системами с различными значениями t . Такая связь устанавливается первым законом динамики Ньютона [65, с.4]. Четырехмерному абсолютному пространству-времени Ньютона соответствует в специальной теории относительности четырехмерное абсолютное пространство-время Минковского, которое характеризуется иной структурой расслоения.

4.2. Пространство и время в общей теории относительности

А. Эйнштейн в специальной теории относительности выдвинул обобщенный принцип относительности. Он приложим лишь к инерциальным системам отсчета. Естественно, ученого заинтересовал вопрос о возможности обобщения принципа относительности на равноускоренные системы и вообще на весь круг неинерциальных систем отсчета (т.е. на системы,двигающиеся относительно друг друга с ускорением).

Был также философский или методологический аспект проблемы, который направлял Эйнштейна к построению общей теории относительности. Эйнштейн характеризовал методологические импульсы, толкавшие его к построению новой теории, как стремление избавить физику от необходимости введения «инерциональной системы» (или «инерциальных систем»). «Это понятие неудовлетворительно по той причине, — писал Эйнштейн, — что оно без какого-либо обоснования выделяет из всех мысленно возможных систем координат некоторые системы. Затем делается предположение, что законы физики выполняются только для таких инерциальных систем (например, закон инерции и закон постоянства скорости света). Таким образом, в системе физики пространство как таковое наделяется ролью, выделяющей его из всех прочих элементов физического описания. Оно играет определяющую роль во всех процессах, не испытывая их обратного воздействия» [59, с.854].

Создание новой теории началось с пересмотра концепции пространства и времени в полевой доктрине Фарадея и Максвелла, а

особенно в специальной теории относительности. Однако, признавая и понимая существенность изменений в теории пространства и времени, которые она испытала под влиянием специальной теории относительности, Эйнштейн акцентировал внимание на следующем положении специальной теории относительности: «...двум выбранным материальным точкам покоящегося (твердого) тела всегда соответствует некоторый отрезок вполне определенной длины, независимо как от положения и ориентации тела, так и от времени. Двум отмеченным показаниям стрелки часов, покоящихся относительно некоторой (допустимой) координатной системы, всегда соответствует интервал времени определенной величины, независимой от места и времени» [56, с.453].

Следует отметить одну особенность новой теории: в ней находит наиболее полное воплощение представление диалектического материализма о пространстве и времени как формах существования материи. Специальная теория относительности не затрагивала проблему воздействия материи на структуру пространства-времени, а в общей теории относительности Эйнштейн непосредственно обратился к органической взаимосвязи материи, движения, пространства и времени.

Как отмечает П.К. Рашевский, результаты общей теории относительности можно рассматривать как попытку конкретной математической разработки известного диалектико-материалистического принципа, гласящего, что пространство и время суть формы существования материи [66, с.631].

Общая теория относительности давала описание зависимости структуры пространства-времени от материальных взаимодействий, локализованных в нем. Идея подобной зависимости геометрических свойств пространства от специфики физических процессов была высказана еще создателями неевклидовой геометрии (К. Гаусс, Н.И. Лобачевский, Б. Риман и др.). Реализация подобной доктрины оказалась возможной именно в рамках неевклидовой геометрии.

В построении общей теории относительности Эйнштейн исходил из давно известного факта равенства (эквивалентности) инертной и тяжелой масс. Как известно, в классической физике мы сталкиваемся с двумя различными понятиями массы: во втором законе механики

Ньютона $F = ma$ фигурирует инертная масса $m_{\text{ин}}$, которая является мерой сопротивления движению, а в законе всемирного тяготения

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

фигурирует тяжелая масса $m_{\text{тяж}}$, которая является гравитационным зарядом. Опыт показал, что эти массы с большой точностью равны друг другу ($m_{\text{ин}} = m_{\text{тяж}}$). Подобные эксперименты, берущие начало с известных опытов Р. Этвеша, проводятся и в настоящее время и подтверждают со всевозрастающей точностью (погрешность всего лишь 10^{-12}) равенство инертной и тяжелой масс [67, с.442–517], [68].

Базовым опытом общей теории относительности явился опыт Этвеша, в котором с помощью чувствительных крутильных весов с высокой точностью было продемонстрировано равенство инертной и тяжелой масс. Эйнштейн по этому поводу писал, что «опыт Этвеша играет роль, сходную с ролью опыта Майкельсона в вопросе о возможности физически обнаружить равномерное движение» [56, с. 284].

Результат опыта Этвеша обобщен Эйнштейном в принцип эквивалентности: физически невозможно отличить действие однородного гравитационного поля и поля, порожденного равноускоренным движением. Физические процессы и явления полностью тождественны и в однородном гравитационном поле, и в соответствующей равномерно ускоренной системе отсчета. В.Л. Гинзбург усматривает аналогию между переходом от равенства $m_{\text{ин}} = m_{\text{тяж}}$ к принципу эквивалентности и распространением принципа относительности классической механики на всю физику.

Однако дальнейшее становление общей теории относительности пошло по иному пути, чем развитие специальной теории относительности. Эйнштейн не обратился к поиску новых операциональных определений фундаментальных физических понятий, как это он сделал раньше, а, во-первых, дал физическую интерпретацию принципу эквивалентности в рамках мысленного эксперимента с лифтом и, во-вторых, предпринял попытку обобщения теоретической структуры специальной теории относительности на пути

перехода к более сложному и емкому (по компонентам) искривленному пространству-времени Римана. Рассмотрим роль этих моментов в построении новой теории. Мысленный эксперимент Эйнштейна не только дает физическую интерпретацию принципа эквивалентности, но и открывает путь к идее о взаимосвязи гравитации и структуры пространства-времени.

Опыт состоит в следующем. Допустим, закрытая кабина лифта первоначально покоится на Земле. Тогда все тела (которые мы выпустим из рук) в этой кабине будут с одинаковым ускорением свободного падения g опускаться вниз, падать на пол кабины, ибо кабина вместе со всем содержимым находится в поле земного тяготения, которое будем считать достаточно однородным и постоянным. Затем перенесем кабину лифта в глубины космического пространства (напомним, что эксперимент мысленный, а для мысли подобные переносы — дело посильное), подальше от материальных гравитирующих объектов, а затем сообщим ей ускоренное движение, направленное вверх ($-g$). При этом оказывается, что поведение всех тел в лифте будет точно таким же, как и в первом случае, — тела, выпущенные из рук, будут падать на пол с одинаковым ускорением и т.п. Таким образом, мы получили локальную (в рамках лифта) эквивалентность однородного и постоянного гравитационного поля и равномерного ускорения системы отсчета.

Теперь несколько видоизменим опыт. Пусть в покоящуюся на Земле кабину лифта через отверстие в боковой стенке проникает луч света. Конечно же, он испытывает на себе влияние земного притяжения, но оно столь мизерно, что практически не приводит к смещению светового луча — он двигается от отверстия к противоположной стенке лифта по прямой линии. Если мы равноускоренно устремим кабину лифта вверх, то луч света сместится: «...за время, в течение которого свет доходит к стене, лифт изменит свое положение. Поэтому свет упадет в точку, расположенную не точно напротив точки его входа, а немного ниже» [32, с.497]. В этой ситуации световой луч двигается относительно кабины лифта вдоль по слегка искривленной линии. Тогда в силу принципа эквивалентности можно сделать вывод, что гравитация воздействует на пространство света (в частности, изгибает световые лучи).

Ситуация с изгибанием светового луча, как уже говорилось, была рассмотрена Пуанкаре, который обратился к ней еще до со-

здания общей теории относительности. Он указал на два возможных подхода к интерпретации этого явления:

- 1) традиционный подход — луч света искривляется некой силой, но он по-прежнему распространяется в евклидовом пространстве;
- 2) нетрадиционный подход — искривлено само пространство, его метрика, а луч света по-прежнему служит воплощением прямой линии, которая в рамках неевклидовой геометрии обобщается до понятия геодезической линии.

Пуанкаре предсказывал, что физика будет развиваться в рамках первого, традиционного, подхода. Он считал, что «не природа навязывает их нам, а мы налагаем их на природу, потому что мы находим их удобными» [69, с.7]. При этом в трактовке пространства и времени Пуанкаре приходил к конвенционалистскому аналогу кантовского априоризма, заявляя, что евклидова геометрия остается наиболее удобной. Однако Эйнштейн не пошел традиционным путем. Это во многом было обусловлено тем, что уже в специальной теории относительности физики перешли к оперированию обобщенным четырехмерным пространственно-временным многообразием Минковского. Эйнштейн создал общую теорию относительности путем перехода от псевдоевклидова плоского четырехмерного пространства-времени Минковского (пространства-времени с неизменяющейся метрикой) к более общей концепции — искривленному пространству Римана, метрика которого изменяется, если инерция обусловлена массами Вселенной, а поле сил инерции эквивалентно гравитационному полю, проявляющемуся в геометрии пространства-времени, — следовательно, массы определяют и саму геометрию. В этом положении четко обозначился существенный сдвиг в трактовке проблемы ускоренного движения на пути от Маха к Эйнштейну: принцип Маха об относительности инерции трансформирован Эйнштейном в принцип относительности геометрии пространства-времени [70, с.112].

Эйнштейн сформулировал основные физические принципы, на которых базируется новая теория: гипотезы о геометрической природе гравитации, о взаимосвязи геометрии пространства-времени и материи. Кроме них Эйнштейн выдвинул ряд математических гипотез, без которых невозможно было бы вывести гравитационные уравнения: пространство-время четырехмерно, его структура опре-

деляется симметричным метрическим тензором, уравнения должны быть инвариантными относительно группы преобразований координат. На этих основаниях была построена общая теория относительности.

В новой теории пространство-время Минковского обобщается в метрику Римана:

$$dS^2 = \sum_{i,k=1}^4 g_{ik} dx_i dx_k,$$

где dS^2 — расстояние между точками, dx_i и dx_k — дифференциалы координат этих точек, а g_{ik} — некоторые функции координат, которые составляют фундаментальный метрический тензор и определяют геометрию пространства Римана.

Развитие новой теории было значительно ускорено тем, что Эйнштейн воспользовался готовым математическим аппаратом — теорией ковариантов подобных четырехмерных многообразий, которая была разработана Кристоффелем, Риччи и Леви-Чивитой.

Новизна подхода Эйнштейна к пространству-времени заключалась в том, что он показал, что функции g_{ik} являются не только компонентами фундаментального метрического тензора, ответственного за геометрию пространства-времени, но одновременно и потенциалами гравитационного поля в основном уравнении общей теории относительности:

$$R_{ih} - \frac{1}{2} g_{ik} R = -x T_{ik},$$

где R_{ih} — тензор кривизны, R — скалярная кривизна, g_{ik} — метрический тензор, T_{ik} — тензор энергии-импульса материи, x — эйнштейновская гравитационная постоянная. В этом уравнении выявлена связь материи с геометрией пространства-времени.

В работе «Относительность и проблема пространства» Эйнштейн специально рассматривает вопрос о специфике понятия пространства в общей теории относительности. Согласно этой теории, отмечает он, пространство не существует отдельно, как нечто противоположное «тому, что заполняет пространство и что зависит от координат». Гравитационное поле может быть описано с помощью

g_{ik} (как функций координат) в процессе решения уравнений гравитации. Если мы представим себе, что гравитационное поле устранено, то не останется и пространства-времени Минковского. Это объясняется тем, что с точки зрения общей теории относительности пространство-время Минковского не является пространством, лишенным поля, но есть лишь частный случай n g_{ik} (для функции g_{ik} имеют значения, не зависящие от координат). Эйнштейн заключает: «Пустое пространство, т.е. пространство без поля, не существует. Пространство-время существует не само по себе, но только как структурное свойство поля» [70, с.112].

Однако формальные обобщения теоретической структуры еще не означают построения новой физической теории. Необходима ее эмпирическая интерпретация, выяснение ее эмпирической структуры. В построении общей теории относительности этот процесс оказался очень сложным. Уже в ранних разработках новой концепции Эйнштейн наметил целую программу построения ее, не реализованную им, хотя и весьма актуальную. Прежде всего, необходимо было решить вопрос о неинерциальных системах отсчета. Актуальность его возростала в связи с тем, что бытовало неправильное представление о совпадении системы координат и системы отсчета, что особенно некорректно в общей теории относительности.

Дело в том, что координаты, с помощью которых описываются события в рамках искривленного четырехмерного пространства-времени, представляют лишь способ нумерации точек этого пространства и не совпадают с наблюдаемыми в эксперименте или измерительной процедуре пространственными и временными характеристиками. Определение этих характеристик в искривленном пространстве оказалось вообще делом очень непростым. Если гравитационное поле изменяется произвольно (и, стало быть, так же изменяется кривизна пространства-времени), то в этом случае время имеет различное значение даже в рамках одной и той же системы отсчета; тогда лишается однозначности само понятие расстояния между двумя точками, ибо мы не можем непосредственно определить эти точки одновременно, поскольку в разных точках время течет по-разному.

Для общей теории относительности до сих пор актуальной является проблема перехода от теоретических к физически наблюда-

емым величинам. На повестке дня стоит именно проблема конструктивного подхода к наблюдаемым физическим величинам в этой теории. «Этот подход должен, — указывает Н.В. Мицкевич, — в отличие от обычного геометрического аппарата ОТО, объединяющего пространство и время в единое псевдориманово многообразие, вновь выделить из него отдельно пространство и отдельно время, предписывая вместе с тем рецепт построения соответствующих им физических компонент наблюдаемых величин» [71, с.69]. Решение этих вопросов ученые ищут на различных путях, в том числе и с помощью формализмов системы отсчета. Однако «в настоящее время нет единого, общепризнанного метода описания систем отсчета» [72, с.287]. Такая ситуация обусловлена не только сложностью перехода от теоретического уровня теории к ее эмпирической интерпретации, к эмпирическому уровню, реализация которого может затянуться на долгое время, но и тем, что проблему разработки новых систем отсчета заслонила проблема экспериментальной проверки общей теории относительности.

Новая теория предсказала и объяснила три знаменитых общерелятивистских эффекта, которые явно не были связаны с проблемами описания систем отсчета. Так, задолго до создания этой теории было известно, что перигелий планеты Меркурий постепенно сдвигается, и этот эффект не находил убедительного объяснения в рамках ньютоновской теории тяготения. В рамках общей теории относительности он был предсказан и были вычислены конкретные значения смещения перигелия Меркурия: они равнялись 43,03 угловых секунды в столетие. Астрономы провели измерения, которые совпали с точностью до 1% с предсказаниями новой теории. Точность может быть повышена в экспериментах с искусственными спутниками, свободными от сноса с геодезической траектории [73, с.19].

Другим экспериментальным подтверждением общей теории относительности явилось обнаружение отклонения световых лучей звезд при прохождении их вблизи Солнца. Теория предсказывает, что поле гравитации Солнца должно искривлять световые лучи далеких звезд. Соответствующие эксперименты были проведены в условиях солнечных затмений и также с достаточно высокой точностью согласовывались с предсказанной величиной, полученной на базе общей теории относительности.

В 70-х годах было проведено измерение отклонение радиолучей от некоторых квазаров (например, квазар 3С279). Радиоастрономические наблюдения позволили повысить точность измерения эффекта и подтвердили предсказания общей теории относительности [74]. Наконец, третьим следствием новой теории является красное гравитационное смещение частоты спектральных линий. Строго говоря, речь идет о красно-голубом смещении частоты электромагнитного излучения: если фотоны двигаются в направлении гравитационного поля, то происходит сдвиг частоты к голубому концу спектра, а если они двигаются в противоположном направлении, то частота сдвигается к красному концу спектра. Этот эффект обнаружен как в исследовании спектра Солнца, так и в земных условиях, при эксперименте с γ -лучами в рамках известного эффекта Мессбауэра.

В центре внимания оказалась сама операция геометризации гравитации (т.е. истолкование ее как искривление пространства). Это породило целое направление в физике, связанное с построением геометризованных единых теорий поля.

Успех геометризации гравитации заставил многих физиков задуматься над вопросом о сущности физики.

1. Пространственно-временной континуум служит лишь ареной проявления полей и частиц. Последние не сводятся к геометрии. Их следует добавить к ней, для того чтобы вообще можно было говорить о какой-либо физике.
2. В мире нет ничего, кроме пустоты искривленного пространства. Материя, заряд, электромагнетизм и другие поля являются лишь проявлением искривленного пространства. Физика есть геометрия.

Успех геометризации гравитации побудил многих ученых (и в первую очередь самого Эйнштейна) к попыткам объединить электромагнитное и гравитационное поля в рамках достаточно общего геометрического формализма на базе общей теории относительности. С открытием разнообразных элементарных частиц и соответствующих полей, естественно, встала проблема включения и их в рамки единой теории. Так было положено начало длительному процессу поисков геометризованной единой теории поля, которая направлена на реализацию второго типа физической теории — сведение физики к геометрии, создание геометродинамики.

Иногда можно столкнуться с неодобрительным отношением к геометродинамике на том основании, «что сам человек в таком случае окажется лишь всплеском пространственно-временной кризисности» [75, с.250].

Возвращаясь к перипетиям создания геометризованной единой теории поля, следует отметить, что ее основная идея была высказана давно. Истоки ее можно найти в глубокой древности. Из непосредственных предшественников Эйнштейна следует назвать В. Клиффорда, который в 1870 году пытался построить пространственную теорию материи, в которой материальные частицы идентифицировались с областями сильно искривленного пространства. Эта программа осталась нереализованной; он не сумел дать чисто геометрическую интерпретацию массы.

Развитие пространственной теории материи начинается лишь с созданием общей теории относительности. В речи, произнесенной в 1930 году в Ноттингеме, Эйнштейн изложил свои представления о единой теории поля: «Мы приходим к странному выводу: сейчас нам начинает казаться, что первичную роль играет пространство, материя же должна быть получена из пространства, так сказать, на следующем этапе. Пространство поглощает материю» [59, с.243]. Следует отметить, что роль субстанциальной концепции пространства и времени в рамках релятивистских теорий по-разному оценивалась исследователями. В единой теории поля на ее теоретическом уровне эта концепция вновь стала играть доминирующую роль.

Основной принцип построения подобных объединительных теорий: необходимо найти многокомпонентное обобщение пространства Римана, у которого число компонент было бы не меньше числа потенциалов объединяемых полей (например, гравитационных и электромагнитных). Действительно, если риманова геометрия дает описание гравитационного поля как искривления пространства-времени, то нельзя ли обобщить риманову геометрию таким образом, чтобы такие пространственные характеристики, как кручение, повышение размерности, многосвязность и т.д., давали возможность описывать электромагнитные, слабые, мезонные, адронные и тому подобные поля в едином геометрическом формализме?

Но полученный формализм оказался громоздким, искусственным, из уравнений поля не удалось построить удовлетворительную теорию электрона и т.д. Ученые попытались использовать пространства более высокой размерности, чем четырехмерное пространственно-временное многообразие Римана: Калуца предложил пятимерный континуум, Клейн — шестимерное пространство, Калицын — бесконечное многообразие.

Эйнштейн развивал единую теорию поля на базе римановой геометрии с сохранением понятия абсолютного параллелизма. В этом подходе пространство задается не метрикой, а посредством ходов (n -мерных ортогональных реперов), что выделяет в структуре пространства «направления» и соотношения между ними. Но все варианты единой теории поля оказались неудовлетворительными.

Из обобщенной структуры пространства удавалось получить некие общие уравнения поля, которые в первом приближении приводили к известным уравнениям теории гравитации и электромагнетизма Максвелла. Однако дальше этого результата продвинуться не удавалось.

Попытки построения геометризованной единой теории поля, характерные для 20–30-х годов, не шли дальше обобщения метрических характеристик римановой геометрии. Но существуют еще и более фундаментальные топологические характеристики пространства (связность, порядок и т.д.) [9, с.66]. На пути пересмотра евклидовой топологии пространства-времени строится современная единая теория поля — квантовая геометродинамика Дж. Уилера [76]. В этой теории обобщение представлений о пространстве достигает очень высокой степени и вводится понятие суперпространства, которое является ареной действия геометродинамики (развития пространства-времени), подобно тому, как пространство-время выступало ареной действия динамики частиц.

Введение суперпространства можно рассматривать как одну из форм обобщения римановой геометрии общей теории относительности, а именно того положения, что в каждой точке искривленного четырехмерного многообразия существует локальное псевдоевклидово пространство-время специальной теории относительности. Обобщение этого положения приводит к расслоенным пространствам, использование которых открывает путь к геометрической интерпретации всего класса калибровочных полей (к этому

классу, в частности, относятся электромагнитное и гравитационное поля).

Поиски единых теорий поля продолжаются. Физики ищут пути к синтезу сильных, электромагнитных и слабых взаимодействий. Что касается квантовой геометродинамики Уилера, то перед ней стоит еще более грандиозная задача — постичь Вселенную и элементарные частицы в их единстве и гармонии.

Рассмотрим пространственно-временные свойства Вселенной в ходе анализа второго направления развития общей теории относительности — релятивистской космологии. Дозейнштейновские представления о Вселенной можно охарактеризовать следующим образом: Вселенная бесконечна и однородна в пространстве и стационарна во времени. Представления о пространстве и времени в такой модели были заимствованы из механики (или из механической картины мира) Ньютона — это абсолютные время и пространство; последнее по своему характеру евклидово. Такая модель Вселенной казалась очень гармоничной и естественной. Однако первые попытки приложения к этой модели физических законов и концепций привели к неестественным выводам. Это породило целый ряд космологических парадоксов; получалось, что весь небосвод всегда должен сиять (фотометрический парадокс Шезо–Ольберса), а на самом деле это не наблюдается; любой объект Вселенной должен был бы находиться в бесконечном по величине гравитационном взаимодействии со всеми другими объектами (гравитационный парадокс Г. Зелигера), и это не соответствовало действительности, к тому же оказывалось, что саму Вселенную неизбежно должна ожидать «тепловая смерть» (термодинамический парадокс).

Уже классическая космология требовала пересмотра некоторых фундаментальных положений, чтобы преодолеть противоречия, проявившиеся в указанных парадоксах. Таких базисных положений в классической космологии четыре, и все они в той или иной степени связаны с представлением о пространстве и времени: стационарность Вселенной, ее однородность и изотропность, евклидовость пространства. Стационарность во времени (т.е. метрика пространства не зависит от времени) и евклидовость пространства не вызывали подозрения, поэтому предпринимались попытки отказаться от положения об однородности Вселенной и представить ее неоднородной (иерархические модели и т.д.). Исследователи хоте-

ли даже пересмотреть закон всемирного тяготения и выразить его в такой форме, чтобы сила тяготения убывала не пропорционально квадрату расстояния от источника тяготения, а на больших расстояниях стремительно снижалась до нуля.

Модель Вселенной, которая следовала из новой теории, связана с ревизией всех фундаментальных положений классической космологии (не удалось устоять ни однородности, ни стационарности, ни изотропности, ни евклидовости). Общая теория относительности явилась релятивистским обобщением классической теории гравитации, и в этом обобщении пересматривалось фундаментальное положение о евклидовости пространства. Новая теория отождествила гравитацию с искривлением риманова четырехмерного пространства-времени. Это в свою очередь вело к невероятной сложности космического пространства-времени. Поскольку материя во Вселенной сосредоточена в основном в звездах и их скоплениях, которые распределены неравномерно, то это определяет неоднородность и неизотропность пространства-времени.

Чтобы построить работающую космологическую модель Вселенной, ученые вынуждены ограничить всеобщий пересмотр фундаментальных положений классической космологии: общая теория относительности дополнялась космологическим постулатом однородности и изотропности Вселенной [59, с.408].

Я.Б. Зельдович и И.Д. Новиков отмечают, что «изотропия реликтового и других видов излучений, приходящих издалека, является более фундаментальной, чем неоднородность ближайших нам окрестностей: распределение скоплений галактик на небе тоже представляется в среднем изотропным» [77, с.11].

Строгое выполнение принципа изотропии Вселенной ведет к признанию ее однородности. Очевидно, что в дальнейшем познании Вселенной будут строиться все более и более сложные и адекватные реальности модели и теории, но это не означает, что закономерные этапы развития космологического знания обязательно будут характеризоваться переходом к моделям однородным, но анизотропным, а далее — к теории неоднородной и анизотропной Вселенной [78, с.217].

На основе космологического постулата об однородности и изотропности Вселенной в релятивистскую космологию вводится понятие мирового пространства и времени. Но это не абсолютные

пространство и время Ньютона, которые хотя тоже были однородными и изотропными, но в силу евклидова характера имели нулевую кривизну. В применении к неевклидову пространству условия однородности и изотропности влекут постоянство кривизны, и здесь возможны три модификации такого пространства:

- 1) характеризуемое нулевой кривизной (пространство Евклида);
- 2) отрицательной кривизной (пространство Лобачевского);
- 3) положительной кривизной (пространство Римана).

Возможность для пространства (и времени) иметь различные значения постоянной кривизны подняли в космологии очень важный вопрос: конечна или бесконечна Вселенная? В классической космологии подобного вопроса не возникало — евклидовость пространства и времени однозначно обуславливала ее бесконечность. Однако в релятивистской космологии возможен и вариант конечной Вселенной — это соответствует пространству положительной кривизны. Несомненно, лучше всего было бы решить вопрос о конечности или бесконечности Вселенной опытным путем. Для этого необходимо лишь выяснить величину средней плотности вещества и полевой материи во Вселенной P и сравнить ее с величиной критической плотности $p_k = 10^{-29}$ г/см³. Если $p > p_k$, то пространство будет обладать положительной кривизной, а в случае $p < p_k$ кривизна будет отрицательной.

Сама возможность определения средней плотности материи во Вселенной представляется для неспециалиста чем-то фантастичным, но ученые успешно занимаются решением подобных вопросов, хотя остается желать большей точности в их знаниях этой величины. Пока считается, что средняя плотность материи во Вселенной оценивается близко к критической. Так что в настоящее время на базе подобных эмпирических данных нельзя однозначно решить, конечна или бесконечна Вселенная.

Рассмотрим модели Вселенной, вытекающие из общей теории относительности. Эйнштейн столкнулся с проблемой бесконечности при попытке построить первую космологическую модель. С точки зрения теории относительности гипотеза бесконечной Вселенной очень сложна [59, с.81]. Поэтому Эйнштейн считал, что бесконечная Вселенная возможна лишь при средней плотности материи во Вселенной, равной нулю. Такое предположение казалось ему логи-

чески возможным, но менее вероятным, чем предположение о конечной средней плотности материи во Вселенной. В результате Эйнштейн пришел к выводу, что общая теория относительности несовместима с допущением бесконечности Вселенной. Он разрабатывал конечную и статичную модель Вселенной. Так в релятивистской космологии возникла сферическая Вселенная Эйнштейна.

Вселенная Эйнштейна представляет собой трехмерную сферу — замкнутое в себе неевклидово трехмерное пространство. Оно является конечным, хотя и безграничным. Такая модель существенно обогащает наши представления о пространстве. В евклидовом пространстве бесконечность и неограниченность были единым, нерасчлененным понятием. На самом деле это разные свойства. Причем если бесконечность является метрическим свойством, то неограниченность — топологическим. Расчленение этих свойств пространства в модели конечного мира Эйнштейна не оставляет надежды религиозным мыслителям найти место за границей подобного мира, где можно разместить обитель бога. У такой Вселенной Эйнштейна нет границ, и она является всеобъемлющей. Более того, сферическая Вселенная Эйнштейна конечна в пространстве, но бесконечна во времени.

Сначала Эйнштейн пытался гармонизировать общую теорию относительности со стационарной моделью Вселенной, и для этого ввел в свое знаменитое уравнение дополнительный элемент, характеризующийся космологическим λ -членом. Уравнение приобрело новую форму:

$$R_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} R + g_{ik} \lambda = -x T_{ik}.$$

С помощью λ -члена во Вселенную вводились новые силы, пропорциональные расстоянию (при $\lambda > 0$ их можно представить как силы отталкивания, а при $\lambda < 0$ — как силы притяжения), которые в совокупности с гравитацией обеспечили стационарность мира Эйнштейна. Без этого члена Вселенная Эйнштейна оказывалась неустойчивой и стремилась либо рассеяться, либо сжаться: новый член был призван оградить мир от этих «нестационарных» состояний. Однако введение λ -члена порождало не одну космологическую модель Вселенной. Помимо статической сферической модели Эйнштейна из указанного уравнения де Ситтер получил космо-

гическую модель Вселенной, которая оказалась очень необычной — мир де Ситтера был пуст.

Эта космологическая модель помогла ученым избавиться от одной иллюзии, связанной с представлением о пространстве и времени. Оказалось, что пространство-время такого «пустого мира» обладает отличной от нуля римановой кривизной, т.е. даже пустое (не искривленное материальными образованиями) пространство-время Вселенной (правда, пустота мира здесь относительна, ибо присутствует λ -поле) не является евклидовым.

Впервые нестационарные модели Вселенной были развиты математиком и метеорологом А.А. Фридманом. Результаты Фридмана сначала показались Эйнштейну подозрительными, однако, разобравшись в них, он по достоинству оценил достижение ученого. «Я считаю результаты Фридмана правильными и проливающими новый свет, — писал Эйнштейн в 1923 году. — Оказывается, что уравнения поля допускают наряду со статическими также и динамические (т.е. переменные относительно времени) центрально-симметричные решения для структуры пространства» [59, с.119]. Метрические свойства пространства оказались изменяющимися во времени. В космологию вошла диалектическая идея развития. Выяснилось, что Вселенная расширяется.

Нестационарная космологическая модель Фридмана получила эмпирическое подтверждение. Если принять модель расширяющейся Вселенной, то должно наблюдаться красное смещение для спектра удаленных галактик. Это явление было обнаружено в 1929 году Э. Хабблом. Оказалось, что скорость разбегания галактик возрастает с расстоянием и подчиняется закону Хаббла

$$v = H \cdot P,$$

где P — расстояние, а H — постоянная Хаббла, обратная величина которой определяет возраст Вселенной. Время расширения Вселенной примерно равно 10–20 млрд лет. Вначале (ведь с чего-то она должна была начать расширяться) Вселенная была «стянута в точку», характеризовалась бесконечной плотностью материи и бесконечной кривизной пространства (такое критическое состояние и называется сингулярностью), а затем по неизвестной причине это невероятно компактное образование взорвалось (Большой взрыв) и

стало расширяться и остывать. Этот процесс продолжается и в настоящее время.

В 1965 году было получено веское доказательство справедливости такой модели: А. Пензиасом и Р. Уилсоном было обнаружено реликтовое тепловое космическое излучение (ранее предсказанное Г. Гамовым), изотропно заполняющее все пространство Вселенной и оставшееся с тех далеких времен, когда Вселенная была горячей и сверхплотной. В связи с этим встают две очень важные проблемы, требующие тщательного философского анализа: проблема расширения пространства и проблема начала времени. Ведь если Вселенная была сжата в точку, то, стало быть, и пространства не было и время не начиналось. То и другое в теории относительности неразрывно связано с материей. Эти две проблемы требуют существенного развития наших представлений о пространстве и времени.

Развитие нестационарных космологических моделей Фридмана и открытие красного смещения в спектрах удаленных галактик не только внесли в космологию идею развития, но и вскрыли совершенно новые и необычные свойства мирового пространства. Если в русле классических пространственно-временных представлений разбегание галактик интерпретируется как их движение в абсолютном ньютоновском пространстве, то в релятивистской космологии это явление оказывается результатом нестационарности метрики пространства.

Таким образом, не галактики разлетаются в неизменном пространстве, а расширяется само пространство. «Проще говоря, это означает, что масштабы расстояний повсюду увеличиваются» [79, с. 203].

Приходится пересматривать наиболее фундаментальные элементы устоявшейся картины мира, разрушать каноническое видение мира, а может быть, даже идти и на изменение формы материализма.

В релятивистской космологии материальные тела и/или их отношения не образуют пространства, а лишь воздействуют и определяют его структуру. Эйнштейн в статье «О космологической структуре пространства» отмечал, что «метрические свойства пространства-времени причинно не зависят от того, чем это пространство-время наполнено, но определены этим последним» [59,

с.408]. Как видим, пространство (и время) в этой концепции выступает как некоеместилище, и тем самым реализуется одна из модификаций субстанциальной концепции: существует мировое нестационарное пространство, геометрия которого изменяется во времени [22].

Вторая проблема связана с представлением о «начале» времени. Истоки истории нашей Вселенной относятся к моменту времени $t_0 = 0$, когда произошел так называемый Большой взрыв. «Следы» его — реликтовое излучение — подтверждают представление о горячей эволюционирующей модели Вселенной и дают возможность реконструировать или построить гипотетические механизмы процессов, протекавших в те отдаленные времена. Было даже выяснено, когда произошло столь грандиозное событие. Об этом свидетельствует красное смещение далеких галактик и квазаров, которые дают свидетельства о процессах, происходящих примерно 8 млрд лет тому назад.

Исследование изотропного реликтового излучения приближает нас к эпохе, которая отстоит от Большого взрыва на 300 000 лет. В более ранние периоды истории Вселенной происходил процесс нуклеосинтеза гелия и других элементов, что позволяет по определению количества химических элементов во Вселенной проверить справедливость «горячей» модели, и это подводит нас к моменту, отстоящему от «начала» на 100 с. Обнаружение предсказываемого нейтринного реликтового фона Вселенной дало бы ученым орудие исследования процессов, происходящих спустя всего лишь доли секунды после Большого взрыва.

Еще более ранние этапы истории Вселенной можно будет исследовать с помощью гравитационных волн, существование которых также предсказано общей теорией относительности, но они пока не обнаружены.

Эти факты [55, с.97–103] являются вескими доказательствами того, что 15–20 млрд лет назад Вселенная находилась в очень горячем и сверхплотном состоянии (начальная сингулярность). Но ученым пока не ясно, что же вообще означает само понятие «начало» Вселенной во времени.

Мыслители религиозного толка поспешили все объяснить в своей манере: «начало» Вселенной означает ее божественное творение. Но уже в рамках религиозного мировоззрения стали возникать

вопросы: «А что же было до момента $t_0 = 0$, что делал Бог до того, как он сотворил Вселенную?» Теологи и раньше вынуждены были искать ответы на подобные вопросы и поневоле выходили за рамки непосредственно религиозных проблем, в область логико-философского анализа. Так, анализ проблемы времени был предложен Блаженным Августином [80, с.338]. Он пришел к выводу о некорректности самой постановки вопроса о времени до творения мира: время сотворено совместно и одновременно с миром.

Современная наука отвечает на вопрос о начале времени таким образом. «Вселенная в прошлом, — пишет В.Л. Гинзбург, — находилась в «особом» состоянии, которое отвечает «началу» времени. Понятие времени «до» этого «начала» лишено физического, да и любого другого смысла... В самом деле, если можно было бы говорить о времени «до» начала эволюции Вселенной, а Вселенная при этом еще не существовала бы, то мы как раз и должны были бы допустить «сотворение мира».

Время не есть чистая длительность, а является последовательностью событий. В ней отпадает необходимость того, что некоторому событию предшествует другое. Физики не отрицают истории Вселенной и до «начала», они лишь подчеркивают: «...невозможно узнать что-нибудь относительно этого периода, поскольку все следы были стерты в суматохе разрушения и перестройки». Как уже отмечалось, в рамках теории относительности представлены как реляционные, так и субстанциальные пространство и время (или пространство-время).

Когда ученые говорят о конечности Вселенной во времени, то речь идет о достаточно частном и специфическом виде времени, о координатном времени. Вселенная конечна лишь в рамках этого типа времени, но ведь возможно использовать и иные его типы. Так, в целом ряде космологических моделей функционируют различные временные шкалы: конечность времени в одной шкале может сосуществовать с бесконечностью его в другой шкале. Космологическая сингулярность, т.е. начало времени, остается, но если в одной шкале ей соответствует $t = 0$, то в другой шкале $t = -\infty$ (Э. Милн, Ч. Мизнер, В.А. Белинский, Е.М. Лифшиц, И.М. Халатников и др.).

Проблема конечности и бесконечности времени в современной космологии не исчерпывается рассмотрением различных временных шкал. Так, философы-марксисты анализируют эту важную мировоз-

зренческую проблему в плане соотношения координатного времени и времени реального. Например, Я.Ф. Аскин пишет: «Важно учитывать, что в четырехмерной системе координат теории относительности фигурирует не время, как таковое, а координатная ось *ict*, в связи с чем при рассмотрении Вселенной в едином пространстве-времени при любых релятивистских космологических моделях она оказывается бесконечной в смысле реального времени» [81, с.177].

По-разному в современной космологии трактуется и относительность конечности и бесконечности времени.

Во-первых, мы уже упоминали возможность использования различных временных шкал ($\tau = f(t)$), причем при $t = 0$, $\tau = -\infty$).

Во-вторых, развиваются представления об иерархической структуре космологического времени: секунда, день, год и т.д. — это не просто различные единицы измерения времени, а иерархически различные времена, связанные с различными уровнями физической реальности (атомным, планетарным, галактическим). Как указывает И.Н. Лисовой, такое космологическое время уже не будет ньютоновским и линейным, его ритм будет меняться в ходе эволюции модели Вселенной» [82, с.322].

Рассматриваемые проблемы конечности времени функционируют лишь в определенном классе моделей «горячей Вселенной», при конкретных физических условиях и т.д. Но в развитии физики могут быть открыты такие новые данные о структуре неисчерпаемой материи, которые заставят ученых отказаться от господствующей в настоящее время космологической модели Большого взрыва. Например, в последние годы были получены результаты, свидетельствующие о наличии массы покоя у нейтрино (почти 50 лет считалось, что эти частицы не имеют такой массы). Физики пришли к выводу, что если масса этой частицы будет превышать 10 эВ, то фон реликтовых нейтрино существенно повысит среднюю плотность материи во Вселенной, что внесет коррективы в представление о структуре Вселенной (мир может оказаться плоским, замкнутым, с экспоненциально растущим масштабом и т.д.) и ее возрасте. Время соответствующей космологической модели может простираться от $t = -\infty$, т.е. возраст Вселенной может оказаться бесконечным [83, с.46]. Сюда же можно отнести представления современной науки о космологическом времени: несмотря на на-

личие нулевого момента, Вселенную можно считать бесконечной во времени, ибо с начального момента в ней произошло бесконечное множество событий [84, с.1328].

В третьих, в релятивистской космологии была показана относительность конечности и бесконечности времени в различных системах отсчета. Это положение особо четко отразилось в представлениях о «черных дырах», которые реализуют космологические сингулярности, но не в начальный момент времени и не в применении к уникальному явлению «начала» Вселенной, а относительно некоторого класса космических объектов. Мы имеем в виду одно из наиболее поразительных явлений в современной космологии — гравитационный коллапс. С. Хокинг и Дж. Эллис отмечают: «Расширение Вселенной во многих отношениях подобно коллапсу звезды, если не считать того, что направление времени при расширении обратное» [85, с.387]. Более того, как указывает П. Девис, «условия во Вселенной Фридмана в начале расширения такие же, как в центре черной дыры Шварцшильда» [79, с.204]. Как же изменяется статус пространства и времени в процессе гравитационного коллапса?

Для выяснения этого обратимся к простому случаю. Рассмотрим пространство-время сферического невращающегося гравитирующего объекта. Такое сферически симметричное гравитационное поле называется полем Шварцшильда. Мы не будем анализировать четырехмерный пространственно-временной интервал в подобном поле [79, с.204], а обратимся лишь к выражению, которое определяет промежуток времени, текущего в данной точке. Этот промежуток определяется следующим уравнением:

$$\Delta\tau = \sqrt{1 - \Delta t \frac{2GM}{rc}},$$

где G — гравитационная постоянная, M — масса гравитирующего тела, r — расстояние от этого тела, c — скорость света при большом удалении от гравитирующего тела,

$$(r = \infty) \Delta e = \Delta.$$

Однако чем ближе точка наблюдения к гравитирующему телу, тем больше замедляется течение времени и при

$$r \rightarrow \frac{2GM}{c^2} \Delta\tau$$

будет стремиться к нулю. Это расстояние определяет некую выделенную сферическую область пространства вокруг гравитирующего тела, сферу с радиусом

$$r_g = \frac{2GM}{c^2}.$$

Эта сфера называется сферой Шварцшильда, а r_g — гравитационным радиусом. В пределах сферы Шварцшильда невозможно существование статических гравитирующих объектов и неприменима неподвижная, недеформируемая сферическая система координат. На примере этой сферы хорошо видна относительность времени: если по часам внешнего, удаленного от сферы наблюдателя время приближения падающей частицы к сфере Шварцшильда бесконечно (для него время замедляется по мере приближения частицы к r_g), то часы на падающей частице зафиксируют конечное время, в течение которого будет пересечена сфера Шварцшильда.

Как «начало» Вселенной, так и процессы под сферой Шварцшильда связаны со сверхплотным состоянием материи. Это не означает, что сферу Шварцшильда космический объект обязательно пересекает уже в сверхплотном состоянии. Если рассматривать очень массивные космические образования (Вселенную в целом, ее достаточно массивные части, скопления галактик или их ядра, в общем все, что превышает массу Солнца примерно в 10^9 раз), то они, сжимаясь, «уходят» под сферу Шварцшильда при сравнительно низкой средней плотности материи, при которой можно допустить существование реального наблюдателя [86, с.357]. Если же взять объекты звездных или планетарных размеров, то они и в районе сферы Шварцшильда обладали бы огромной плотностью: для Солнца гравитационный радиус около 3 км, а для того, чтобы Земля «ушла» под свою сферу Шварцшильда, ей пришлось бы съежиться до размеров горошины.

Независимо от того, в каком состоянии космический объект пересекает соответствующую сферу Шварцшильда, далее он неудержимо, стремительно переходит в сверхплотное состояние в про-

цессе гравитационного коллапса. Здесь невольно закрадываются сомнения в возможности существования подобных сверхплотных объектов. Однако современная космология свидетельствует, что в просторах Вселенной должны существовать такие объекты. Некоторые из них уже открыты — звезды «белые карлики», нейтронные звезды, квазары, «черные дыры». Ученые теоретически доказали и неизбежность существования сингулярностей во Вселенной (Р. Герок, Р. Пенроуз, С. Хокинг). Рассмотрим процесс образования этих объектов.

Допустим, что массивная остывающая звезда уже не может в процессе ядерного синтеза вырабатывать достаточно энергии, чтобы давление излучения противостояло гравитационному сжатию. В таком случае наступит момент, когда гравитация преодолет слабеющее сопротивление выгоревшей звезды и начнет сжимать ее; это процесс катастрофический. Тогда звезда как бы взрывается «внутрь», стремительно падает в себя. Если ей ничто не помешает, то она ускользает за сферу Шварцшильда и коллапсирует до $r \rightarrow 0$.

Долгое время многие исследователи придерживались мнения, что такая холодная звезда успеет сбросить внешние слои с помощью интенсивного излучения (например, нейтринного) из коллапсирующего ядра, превратится в белый карлик или в нейтронную звезду и останется в устойчивом состоянии. В этих случаях гравитационному коллапсу противостоят давление вырожденного электронного газа (белый карлик) или же давление вырожденного нейтронного газа (нейтронная звезда). Но такая возможность существует лишь для не очень массивных звезд. В остальных случаях сброс внешних слоев не спасает звезду, и она не остановится на нейтронной стадии, а превратится в «черную дыру» и коллапсирует до конца, до бесконечной плотности материи, до бесконечной кривизны пространства, т.е. до сингулярности.

После ухода под сферу Шварцшильда от звезды уже невозможно получить никакой информации, ибо ничто не может вырваться из этой сферы в окружающее пространство-время: звезда потухает для удаленного наблюдателя, и в пространстве образуется «черная дыра». Гравитация ее настолько возрастает, что не просто искривляет пространство-время, но и замыкает его вокруг коллапсирующего объекта. Даже самые быстрые сигналы — световые — не могут вырваться из «шварцшильдовского плена» в силу необычной

структуры пространства-времени этой области. Чем с большей скоростью и с большей энергией объект будет вырываться из «черной дыры», тем быстрее устремится в ее центр. Например, если внутри сферы Шварцшильда послать из одной точки два световых сигнала (один — к ее центру, а другой — в противоположном направлении), то хотя оба луча будут разбегаться друг от друга со скоростью света, но двигаться оба будут внутрь, к центру. В этом случае луч света оказывается пленником не материи, а геометрии пространства-времени [87, с.58].

Между коллапсирующей звездой, ушедшей за сферу Шварцшильда, и наблюдателем в обычном мире пролегает бесконечность, ибо такая звезда находится за бесконечностью во времени. Для удаленного наблюдателя приближение звезды к своему гравитационному радиусу растягивается до бесконечности, хотя наблюдатель на поверхности звезды (не будем задумываться, как он там очутился и что его ожидает в недалеком будущем) в очень короткое время вместе с ней проскочит эту границу и устремится к сингулярности.

Таким образом, оказалось, что пространство-время в общей теории относительности содержит сингулярности, наличие которых заставляет пересмотреть концепцию пространственно-временного континуума как некоего дифференцируемого «гладкого» многообразия.

Что же касается представления о конечной стадии гравитационного коллапса, когда вся масса звезды спрессовывается в точку ($r_g > 0$), когда бесконечна плотность материи, бесконечна кривизна пространства и т.д., то это вызывает обоснованное сомнение. Реальна ли подобная сингулярность? Или здесь ученые сталкиваются с неприменимостью общей теории относительности для сверхплотных состояний материи на малых расстояниях, которые достигаются в процессе гравитационного коллапса?

Дж. Уилер считает, что на заключительной стадии гравитационного коллапса вообще не существует пространства-времени [76, с. 41]. «Событие» или «временная последовательность событий» оказываются понятиями бессмысленными, и вопрос, что произойдет на заключительной стадии гравитационного коллапса, поставлен некорректно. Развивая это положение, С. Хокинг пишет: «Сингу-

лярность — это место, где разрушается классическая концепция пространства и времени так же, как и все известные законы физики, поскольку все они формулируются на основе классического пространства-времени» [88, с.169].

Таких представлений придерживается большинство современных космологов. Так, П. Девис подчеркивает, что сингулярность следует рассматривать не как объект, а как место, где заканчивается действие известных нам физических законов [79, с.157]. Хокинг и Дж. Эллис даже сформулировали специальный принцип: если теория предсказывает сингулярность, то это указывает на нарушение теории [85, с.403], т. е. она более не дает правильного описания наблюдений. В дальнейшем Хокинг пришел к утверждению, что указанное нарушение (классической концепции пространства-времени, физических законов и т.д.) «не просто результат нашего незнания правильной теории, но что оно приводит к фундаментальному ограничению нашей способности предсказывать будущее, ограничению, которое аналогично, но дополнительно к ограничению, накладываемому обычным квантовомеханическим принципом неопределенности» [88, с.169]. Таким образом, встал вопрос о возможности нарушения детерминированности при гравитационном коллапсе.

В таких представлениях речь идет не о нарушении универсального статуса пространства и времени как форм существования материи, а об ограниченности конкретных концепций пространства и времени, конкретных физических теорий и моделей. Следует иметь в виду, что общая теория относительности является классической теорией, поскольку в ней не учитываются квантовые эффекты. Между тем, подчеркивает В.Л. Гинзбург, истинная теория гравитационного поля должна быть квантовой теорией. «Создание квантовой космологии, которая должна заменить классическую космологию вблизи классической сингулярности, является в данный момент, по-видимому, самой важной задачей принципиального характера, связанной с общей теорией относительности» [55, с.56].

На заключительных стадиях гравитационного коллапса вблизи сингулярности необходимо учитывать квантовые эффекты. Они должны играть на этом уровне доминирующую роль и могут вообще не допускать сингулярности. Причем фундаментальные константы, которые будут находиться в основе еще не созданной

квантовой общей теории относительности (квантовой геометродинамики), должны образовать некую фундаментальную (гравитационную) длину (гравитационный квант расстояния). Комбинация гравитационной постоянной G , скорости света c и квантовой постоянной Планка h образует гравитационную длину

$$l_g = \sqrt{\frac{Gh}{c^2}} = 10^{-33}.$$

Предполагается, что в этой области происходят субмикроскопические флуктуации метрики, которые и составляют основу пенообразной структуры многосвязного пространства «глубокого» микромира.

Величина гравитационной длины крайне мала, но «важно не то, что эта длина мала, а то, что вообще существует некоторая характеристическая длина. Существование такой длины гарантирует невозможность появления сингулярностей кривизны пространства, предсказанных классической геометродинамикой. Появление сингулярностей не означает, однако, внутренней противоречивости классической общей теории относительности. Напротив, они означают, что классическая динамика кривизны прямо приводит к явлениям, которые можно удовлетворительно объяснить лишь в квантовой теории [89, с.123].

Все это свидетельствует о глубоком внутреннем диалектическом характере Вселенной, где понять мегамир невозможно без понимания микромира.

4.3. Проблемы времени в микромире

Любое новое открытие базируется на предыдущих. По мере того как человечество все глубже и глубже проникало в тайны окружающего мира, тем сильнее оно осознавало, что его представление о «механической» структуре мира в некоторой степени ошибочно. Многие исследователи не хотели принимать новые теории и постулаты, но независимо от их веры опыты показывали на то, что требовалась новая теория, которая могла бы описать эти явления. Такой теорией стала квантовая теория.

По мнению М.Д. Ахундова, квантовая теория положила начало развитию неклассической физики, ознаменовала создание нового стиля естественнонаучного мышления, открыла дорогу к познанию

неисчерпаемого микрокосма, к овладению внутриатомной энергией, к пониманию процессов в недрах звезд и к объяснению «начала» Вселенной.

Большое место в теории занимают проблемы пространства, времени и причинности, которые получили существенное развитие в квантовой физике.

В конце XIX века физики начали исследовать, как распределяется излучение по всему спектру частот — от самых низких до самых высоких. Для этого была разработана теория излучения черного тела. Но вскоре она столкнулась с серьезными трудностями. Выведенная в классической физике формула Рэлея–Джинса, объяснявшая распределение излучения по спектру частот, хорошо согласовывалась с экспериментом в области малых частот, но при увеличении частоты вступала в резкое противоречие с опытными данными. Согласно этой формуле, «спектральная плотность энергии излучения должна монотонно возрастать с увеличением частоты. В то же время эксперимент определенно указывал на то, что с увеличением частоты спектральная плотность вначале растет, а затем, начиная с некоторой частоты, соответствующей максимуму плотности, падает, стремясь к нулю, когда частота стремится к бесконечности» [90, с. 88].

М. Планк попытался решить проблему излучения с позиции термодинамики, но на этом пути вскрылись трудности рассогласования с опытом. При этом обнаружились как глобальные, так и локальные трудности, связанные с конкретными проблемами излучения.

Выяснились противоречия между термодинамикой и механикой.

Хотя термодинамика возникла и некоторое время развивалась в рамках классической механики, оказалось, что термодинамические процессы обладают такой спецификой, которая может быть описана и объяснена лишь с помощью понятий, чуждых механике. Поэтому было введено вероятностное рассмотрение термодинамических процессов, и такие физические величины, как давление и температура, оказались лишь средними значениями для движения огромного множества молекул.

Также известно, что механические процессы обратимы, а термодинамические — необратимы (второе начало термодинамики: тепло не может перейти от системы с меньшей температурой к системе с большей температурой). Для отражения таких термодинамических процессов в физику ввели величину — энтропию, характеризую-

щую направление протекания самопроизвольных процессов в термодинамической системе и служащую мерой их необратимости. Это позволило дать иную формулировку второго начала термодинамики: «При реальных (не идеальных) процессах энтропия замкнутой системы возрастает» [91, с. 42]. В 1877 году Л. Больцман установил связь между энтропией и вероятностью.

Отсюда следовало, что увеличение энтропии — это переход ко все более вероятным состояниям термодинамической системы: энтропия пропорциональна логарифму ее вероятности.

Возникали также трудности, связанные с отсутствием единого описания спектрального распределения излучения. В зависимости от длины волны и температуры излучения использовались различные эмпирические формулы: для одних частот формула Вина, для других — Рэля–Джинса.

Для решения проблемы Планк стал исследовать не отношение энергии к температуре, как это делалось раньше, а отношение энергии к энтропии, что крайне упростило полученные закономерности. Если в формуле Вина зависимость интенсивности излучения от температуры выражалась некоторой показательной функцией, то использование Планком связи энергии с энтропией трансформировало эту формулу в простое и изящное выражение: обратная величина показательной функции R оказалась пропорциональной энергии. Соответственно формула Рэля–Джинса, справедливая для больших энергий и длин волн, свелась к утверждению, что величина R пропорциональна квадрату энергии.

Планк предположил, что можно получить единую формулу спектрального распределения излучения, интерполируя объединение формулы Вина и Рэля–Джинса.

Для этого необходимо, чтобы интерполяционная формула состояла из двух слагаемых, которые отличались бы следующей особенностью: для малых энергий определяющее значение имел бы первый член, который сводил бы все уравнение к закону Вина, а для больших энергий — второй член, который сводил бы его к закону Рэля–Джинса. Кроме того, необходимо, чтобы единая формула давала результаты, которые во всей области частот совпадали бы с экспериментальными данными. Таким образом, была получена новая формула излучения.

В результате была получена формула плотности излучения P :

$$\rho = \frac{\frac{8\pi h}{c^3} \nu^3}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1},$$

где ν — частота излучения; T — температура; k — постоянная Больцмана, $k = 1,38 \cdot 10^{-18}$ эрг/град; e — основание натурального логарифма.

Полученная Планком формула включала все ранее известные формулы излучения (закон Стефана–Больцмана, Вина, Рэлея–Джинса и др.), а также ранее неизвестную, противоречащую основоположениям классической физики постоянную $h \approx 6,55 \cdot 10^{-27}$ эргам в секунду. Справедливость формулы Планка достигается необычным для классической физики предположением: процесс излучения и поглощения энергии является дискретным. Осциллятор может испустить или поглотить лишь определенные порции, кванты энергии: $E = h\nu$, где E — энергия кванта, ν — частота, h — постоянная Планка. Таким образом, построение теории излучения черного тела было достигнуто путем введения в классическую физику сугубо «неклассического» элемента — кванта действия h .

Планк пытался соединить квант действия с классической физикой. Подводя итоги, Планк писал: «Провал всех попыток перекинуть мост через эту пропасть вскоре не оставил более никаких сомнений в том, что квант действия играет фундаментальную роль в атомной физике и с его появлением в физической науке наступила новая эпоха, ибо в нем заложено нечто, до того времени неслыханное, что призвано радикально преобразить наше физическое мышление, построенное на понятии непрерывности всех причинных связей с тех самых пор, как Ньютоном и Лейбницем было создано исчисление бесконечно малых» [91, с. 42].

М.Д. Ахундов считает, что открытие Планком новой мировой константы h знаменовало первый этап в создании принципиально новой физической теории. Путь, по которому Планк двигался к этому открытию, характеризуется следующими этапами: сначала с помощью интерполяции в рамках классической физики он вывел обобщенную формулу плотности излучения, затем занялся семантической и эмпирической интерпретацией полученного результата

и, наконец, пришел к выводу, что полученная формула может быть справедливой лишь при условии введения в физику новой мировой константы h , которая выступает завершающей категорией классической физики и одновременно «точкой роста» принципиально новой неклассической физической теории [92, с. 81]. Этой теорией явилась квантовая механика, в которой содержится дальнейшее развитие представлений о пространстве, времени и причинности. На пути к квантовой механике физика прошла ряд этапов обобщения и развития квантовой гипотезы Планка.

Огромное значение для развития квантовой концепции имела работа Эйнштейна «Об одной эвристической точке зрения, касающейся возникновения и превращения света», в которой высказана глубокая мысль о прерывной природе света. В частности, Эйнштейн показал, что «монохроматическое излучение малой плотности (в пределах области применимости закона излучения Вина) в смысле теории теплоты ведет себя так, как будто оно состоит из независимых друг от друга квантов энергии величиной $R\beta v/N$ » [93, с. 102]. Последнее выражение для квантов энергии совпадает с формулой Планка $E = h\nu$.

Квант действия h противоречил фундаментальному положению классической физики о непрерывности излучения и поглощения, но это противоречие было выяснено не сразу, и ученые надеялись, что удастся каким-нибудь способом преодолеть его. Но введение Эйнштейном в физику представления о квантах света, фотонах уже с самого начала находилось в резком противоречии с экспериментальными данными (интерференция, дифракция света и т.д.) и с господствующей волновой оптикой.

Возьмем хотя бы фотоэлектрический эффект, который заключается в испускании электронов металлической поверхностью при ее облучении ультрафиолетовым светом. Экспериментально было установлено, что энергия таких электронов не зависит от интенсивности облучающего света. Но мерой энергии любого волнового процесса (а к таковым относится и свет) является его интенсивность. Возникло противоречие между экспериментальным фактом и теорией (волновой оптикой). В подходе Эйнштейна все становилось на свои места: если энергия световых квантов связана с часто-

той падающего света $h\nu$, то именно она, а не его интенсивность определяет энергию выбиваемых электронов.

Были и другие моменты, которые определяли развитие в направлении исследования микроструктуры материи: наука вторглась в область микромира, в атомный мир, закономерности которого ранее не изучались. Определяющую роль в познании микромира сыграли квантовые представления.

С работами Эйнштейна о фотонах в физику вошло представление о своеобразном дуализме двух точек зрения. Обе они истинны: в зависимости от характера излучения оно может рассматриваться либо как волновой процесс (длинные волны, большая плотность и т.д.), либо как поток частиц, фотонов (короткие волны, малая плотность и т.д.).

Переход от корпускулярной оптики Ньютона к волновой оптике Гюйгенса и к теории электромагнитного поля Максвелла часто связывался с переходом от субстанциального абсолютного пространства и времени к некоей разновидности атрибутивного (например, реляционного) пространства и времени. Дуалистическая ситуация, возникшая в квантовой теории излучения, как бы свидетельствовала о том, что при переходе от коротких волн и малой плотности излучения к волнам длинным и большой плотности излучения происходит переход от субстанциальной концепции пространства и времени к реляционной концепции, что вызвало недоумение.

Это возникает из-за того, что не учитывается различие между теоретическим и эмпирическим уровнями в структуре физической теории, что на этих уровнях функционируют различные понятия пространства и времени, опирающиеся соответственно на субстанциальную и реляционную концепции.

В данном случае не важно, что в одних условиях свет ведет себя как волна, а в других — как поток частиц, фотонов; это означает, что подразумеваются различные стороны света. Реальная природа света может быть представлена как диалектическое единство волны и частиц.

В философии уже давно подмечено диалектическое единство некоторых явлений (например, прерывности и непрерывности в апориях Зенона). М.Э. Омеляновский обоснованно проводил аналогию между апориями Зенона и корпускулярно-волновым дуализ-

мом [94, с. 115]. В обоих случаях сталкиваемся с диалектикой прерывности и непрерывности.

И. Кант пришел к выводу об антиномичности мышления: относительно любого объекта могут быть высказаны две одинаково оправданные, но взаимоисключающие точки зрения. Любое явление при логическом выражении ведет к двум одинаково правильным (как с точки зрения логики, так и с точки зрения опыта) суждениям, которые, тем не менее, являются взаимоисключающими. Сам понятийный аппарат мышления дуалистичен, ибо мы мыслим в рамках парных полярных категорий, таких как бытие — сознание, количество — качество, прерывность — континуальность и т.д.

Э.В. Ильенков отмечал, что неизбежную антиномичность мышления можно устранить только одним путем — выбросить из головы, из «инструментария рассудка», ровно половину всех категорий.

В фотонах Эйнштейна содержалась чуждая классическому естествознанию диалектическая идея о внутренней связи дискретности и непрерывности. В этом состоял радикальный отход от наглядных представлений классической физики: основные характеристики частицы — фотона — определялись через частоту, т.е. имели волновую природу. С фотонами вводилась дискретность в саму основу полевой концепции. Диалектический характер нового подхода не сразу завоевал признание физиков XX века: введение фотонов сначала воспринималось как эвристический прием, как удобный способ описания определенного круга эмпирических данных.

Но были и другие трудности. А. Эддингтон поставил вопрос о пространственно-временной локализации квантов. «Загадочность природы кванта заключается в том, — писал он, — что, будучи неделимым, он, тем не менее, не имеет определенных границ в пространстве. Пока мы имеем дело со сгустком энергии, собранной в одном месте, т.е. с электроном, мы не встречаемся с h ; как только мы переходим к энергии, расплывающейся в пространстве, т.е. к световым волнам, h появляется. Атом действия не имеет границ, он как бы заполняет собой все пространство. Какое место мы должны указать такому атому в нашей пространственно-временной схеме мироздания?» [95, с. 107].

Ответы на возникшие вопросы могли быть получены в рамках физической теории — в механике атомного мира, в квантовой механике. В учении об атомах с особой силой проявилась ограничен-

ность классической физики. Так, было установлено, что спектры излучения атомов являются «полосатыми», линейчатыми и образуют определенные серии. С точки зрения классической физики само существование подобных дискретных спектральных серий было немыслимым. Она могла только эмпирически установить спектральные соотношения. Это сделали Н. Бальмер, И. Ридберг, В. Ритц и др. Что касается модели атома, то она в рамках классической физики была экспериментально установлена Э. Резерфордом: в структуре атома центральное место занимало положительно заряженное ядро. Атом напоминал планетную систему: вокруг ядра вращались электроны. Правда, эта модель также противоречила теории, поскольку в соответствии с законами электродинамики вращающийся вокруг ядра электрон должен непрерывно излучать, т.е. терять, энергию и неизбежно, в конце концов, упасть на ядро. Этого в действительности не происходило, так как атомы довольно стабильны.

Н. Бор пошел путем синтеза планетарной модели атома и квантовой гипотезы. Он принял за основу неделимость кванта действия и представил каждое изменение состояния атома как индивидуальный процесс, который не допускает более детального описания и в ходе которого атом переходит из одного стационарного состояния в другое. Находясь в стационарном состоянии, атом не излучает энергии. В работе «Квантовый постулат и новейшее развитие атомной теории» Бор подчеркивал, что по самой своей природе понятие стационарного состояния подразумевает полный отказ от описания во времени. Таким образом, с квантовым постулатом связана ограниченность применимости обычных классических пространственно-временных представлений. При переходе из одного стационарного состояния, характеризуемого энергией E_m , в другое стационарное состояние с энергией E_n атом излучает порцию энергии $h\nu = E_m - E_n$ [13, с. 47].

Следует учитывать, что атомные спектры не дают непосредственных сведений о движении электронов в атоме. Оказалось, что спектральная линия атома соответствует переходу между двумя его стационарными состояниями. В этом подходе нашли простое и непротиворечивое объяснение эмпирически установленные спектральные закономерности.

Такая специфика квантового описания дала повод Бору считать, что квантовый постулат «заключает в себе отказ от причинного пространственно-временного описания атомных процессов» [13, с.30].

Квантовая теория Бора столкнулась с существенными трудностями. Бор выяснил, что если мы рассматриваем состояния атома, характеризуемые большими квантовыми числами (т.е. электрон достаточно далеко находится от ядра), то в этом случае наблюдается совпадение квантового и классического описаний микрообъектов (например, выполняется требование классической теории о совпадении частоты движения электрона и частоты его излучения). Бор экстраполировал подобное соответствие на области больших квантовых чисел и на другие параметры, которые, в частности, не получали достаточно корректного описания в его квантовой теории. Таковы, например, интенсивности и поляризация спектральных линий. Как отмечает И.В. Кузнецов, принцип соответствия классического и квантового описаний объектов связал два обособленных ряда физических величин, одни из которых были классическими и относились к движениям в стационарных состояниях, а другие были квантовыми и относились к переходам между этими состояниями [96, с.11].

Принцип соответствия формулируется по-разному [97, с.191–255]. Но фактическое физическое содержание его сводится к признанию того факта, что при описании любой микроскопической теории необходимо пользоваться терминологией, применяемой в макром мире. Этот принцип, отмечает Б. Паули, «был введен для того, чтобы наметить путь общего перехода с позиций классической механики на логически непротиворечивую точку зрения квантовой теории» [34, с.223].

Принцип соответствия сыграл важную роль в исследовании Луи де Бройля. С его именем связан следующий шаг на пути синтеза прерывности и непрерывности в современной физике. Он выяснил, что не только световые волны обладают дискретной структурой, но и элементарным частицам материи присущ волновой характер. Он вывел простые соотношения, связывающие энергию E и импульс P частицы с ее волновыми характеристиками — частотой ν и длиной волны λ :

$$E = h\nu; \quad p = h/\lambda.$$

Представления де Бройля были развиты применительно к свободным частицам. Соответственно возникал вопрос: а нельзя ли распространить их на электрон, находящийся в атоме? Такая экстраполяция была очень важной, ибо «если мы рассмотрим, как ведут себя внутри атома Бора волны, связанные с электронами, то придем к пониманию внутреннего смысла условий квантования: связанная с электроном волна оказывается резонансной как раз на длине его траектории» [90, с.140]. Разрабатывая эту идею, де Бройль пришел к выводу, что стационарные состояния атома Бора соответствуют стационарным волнам, связанным с электронами атома. Было необходимо решение проблемы создания волновой механики квантовых объектов, соответствующей определенной теории классической механики, подобно взаимоотношению волновой и геометрической оптик.

Эта программа была реализована Э. Шредингером в 1926 году, который вывел волновое уравнение, ныне носящее его имя. Это дифференциальное уравнение в частных производных определяет движение волн, связанных с электронами (ψ -функция).

Чуть раньше (в 1925 году) была разработана квантовая механика В. Гейзенбергом, который учел серьезные возражения, выдвинутые против первоначальной квантовой теории Бора. Формальные правила этой теории, предназначенные для вычисления наблюдаемых величин, содержали в качестве существенного ингредиента отношения между принципиально ненаблюдаемыми величинами, каковыми являются, например, положение электрона, частота его обращения и т.д. Гейзенберг при построении своей теории основывался на принципе наблюдаемости; основа подхода — наблюдаемые в экспериментах физические величины.

Следует отметить, что принцип наблюдаемости Гейзенберг заимствовал у Эйнштейна, который использовал его при построении теории относительности.

В физике сложилась странная ситуация. С одной стороны, развита квантовая (матричная) механика [98, с.22], в основе которой лежит представление о квантовых скачках, о дискретности действия, энергии и т.д. в микромире; с другой — существует волновая механика Шредингера, которая отрицает прерывность в микромире и все сводит к волнам материи. Более того, эти теории оказы-

вались эквивалентными. Многие классически мыслящие физики с воодушевлением приняли эту теорию.

В дискуссии Бора со Шредингером в Копенгагене (1926 г.) было выяснено, что в атомной физике нельзя обойтись без квантовых представлений. В ходе ее Шредингер высказал ряд замечаний, в которых затрагивались пространственно-временные представления квантовой механики. Во-первых, было констатировано, что в квантовой теории не объясняется, почему в стационарном состоянии атома электрон не излучает, хотя этого требует теория Максвелла. Во-вторых, она не дает также ответа на вопрос, как происходит переход электрона с одной орбиты на другую — постепенно или скачкообразно. Если этот переход постепенный, то так же должна изменяться и частота излучения, его энергия, но тогда непонятен линейчатый характер атомных спектров. Если же переход скачкообразен, то как движется электрон при скачке? Каковы законы этого необычного движения электрона при квантовом скачке?

Ахундов считает, что единства взглядов по этим вопросам в дискуссии Бора и Шредингера не было достигнуто, но были четко сформулированы трудности обеих теорий, на которых необходимо было сосредоточить внимание. Например, Шредингер исходил из первичности волн и соответственно должен был из них конструировать частицы, которые представлялись как некие компактные волновые образования в пространстве — так называемые «волновые пакеты». В дальнейших разработках было выяснено, что «волновые пакеты» не обладают стабильностью и расплываются в пространстве с течением времени, а сама ψ -функция не укладывается в наглядные механические представления. Шредингеровские волны материи существенно отличаются от привычных механических или электромагнитных волн. Дело в том, что ψ -волны, вообще говоря, распространяются не в обычном пространстве и времени. Например, волновая функция системы из n частиц представляет собой волну в некотором $3n$ -мерном конфигурационном пространстве.

Важный вклад в выяснение смысла волновой функции внесли Н. Бор, Х. Крамерс и Д. Сетер, которые ввели представление о волне вероятности.

Смысл волновой функции был вскрыт М. Борном, который развил статистическую, вероятностную интерпретацию квантовой

механики и, в частности, показал, что уравнение Шредингера описывает амплитуду вероятности нахождения частицы в данной пространственной области [99, с. 99]. Отсюда следует, что волновая функция действительна лишь до акта измерения, и к самому этому акту она прямого отношения не имеет. Более того, измерение вносит скачкообразное изменение в состояние квантовой системы — происходит мгновенное сжатие (редукция) волновой функции в точку.

Возникли трудности перед другой интерпретацией квантовой теории, такой как траектория электрона в камере Вильсона. Гейзенберг опирался на изречение А. Эйнштейна о том, что «именно теория должна решать, какие величины наблюдаемы, а какие — нет» [100, с.303], а в камере Вильсона наблюдается лишь цепочка дискретных следов, неточно определяющих местоположение электрона.

Эти рассуждения подвели Гейзенберга к правильной постановке вопроса: «Можно ли в квантовой механике отразить ситуацию, при которой электрон приблизительно — т.е. с известной неточностью — находится в определенном месте и при этом приблизительно — т.е. опять-таки с известной неточностью — обладает заранее данной скоростью, и можно ли сделать эту неточность настолько малой, чтобы не возникало расхождения с экспериментальными данными?» [101, с.111–112]. Ответ на этот вопрос он выразил в соотношении неопределенностей: чем больше неопределенность пространственной координаты ΔX , тем меньше неопределенность значения импульса частицы ΔP ; они связаны между собой квантом действия $\Delta X \cdot \Delta P \geq h$. Другое соотношение имеет место для времени и энергии $\Delta E \cdot \Delta t \geq h$: неопределенность энергии ΔE тем больше, чем меньше время пребывания частицы в данном состоянии, время ее жизни Δt .

С точки зрения Ахундова, в квантовой механике была вскрыта принципиальная граница применимости классических физических представлений к атомным явлениям и процессам. При этом понятие пространственных координат расширяется в квантовой механике, и они изображаются операторами; что касается времени, то оно остается величиной классической. Отличие пространственных координат в квантовой механике от таковых в классической физике состоит в том, что координаты, от которых зависят волновые функции кван-

товой механики, не имеют ничего общего с наблюдаемыми координатами частиц. Лишь собственные значения оператора координаты (или среднее значение координаты) представляют собой наблюдаемые координаты. Таким образом, отмечает Н.В. Мицкевич, мы имеем «в квантовой физике формально математический «фон» геометрического пространства-времени, на котором реализуются лишь отдельные точки как местоположение частиц» [102, с.265].

В микромире становится бессодержательным понятие причинной пространственно-временной траектории частицы, если под траекторией понимается классический образ линейного континуума в форме дифференцируемого многообразия [103, с.213], [104]. Поэтому в первые годы развития квантовой механики ее создатели делали основной упор на вскрытие того факта, что она не дает описания движения атомных частиц в пространстве и времени и ведет к полному отказу от причинного пространственно-временного описания.

Отличительной особенностью квантовой механики является наличие в ее структуре двух ингредиентов (типов величин): квантовых и классических. Создать теорию, использующую только первые величины, оказалось невозможным. Дело в том, что для системы из одних квантовых объектов, которые лишены каких-либо динамических характеристик, вообще нельзя построить никакой логически замкнутой механики [95, с.15]. Количественное описание движения электрона средствами квантовой механики требует наличия также физических объектов, которые с достаточной точностью подчиняются классической механике (экспериментальная установка, прибор). Таким образом, возникла парадоксальная ситуация: с одной стороны, квантовая механика «превзошла» механику классическую, показала ее принципиальную ограниченность, а с другой — подтверждающий ее экспериментальный материал интерпретируется на основе понятий классической механики и на классическом языке наблюдения.

Таким образом, в современной физике ученые столкнулись с существенно новым видом эмпирического познания. Это определяется, во-первых, использованием экспериментальных установок, созданных по законам классической физики, и, во-вторых, спецификой неклассических объектов, которые исследуются этими установками. Использование таких приборов, как микроскоп, телескоп и т.п., вывело ученых в «сверхчувственный» мир. Однако этот класс приборов лишь обострил чувства исследователя, которому стали

доступны классические объекты, расположенные за пределами разрешающей способности человеческого сенсорного аппарата.

В современной физике, где прибор выступает посредником между исследователем и неклассическим объектом исследования, принципиально нельзя увидеть объекты микромира, ученые лишь фиксируют с помощью приборов их микроскопические «отклики» (отклонение стрелки прибора, треки в пузырьковой камере и т.д.), по которым они пытаются сконструировать их теоретический образ. Поэтому необходимость создания прибора по законам классической механики является, по замечанию Л.Б. Баженова [106, с.227], [107, с.129], не столько физическим, сколько гносеологическим фактом, связанным с местом, занимаемым человеком в мире.

В классической физике измерительные приборы и объекты исследования описываются в рамках одних и тех же закономерностей. В квантовой физике подобного совпадения описаний нет, это, в частности, обусловлено принципиальным ограничением, налагаемым на совместное пространственно-временное и импульсно-энергетическое описание состояния системы. Здесь необходимо учитывать неизбежное возмущение квантовой системы в процессе измерения.

Ахундов полагал, что подобная специфика экспериментов с квантовыми объектами обуславливает наличие двух дополняющих друг друга экспериментальных установок, которые в рамках теории формируют два дополнительных описания поведения микрообъектов. Первый класс установок предназначен для регистрации микрообъекта в некоторой ограниченной пространственно-временной области и требует использования фиксированных масштабов и синхронизированных часов в качестве системы отсчета. Подобная установка не может быть использована для определения передаваемых последней микрообъекту энергии и импульса, которые оказываются неконтролируемыми.

Второй класс экспериментальных установок используется для определения импульсно-энергетического обмена и пригоден для проверки законов сохранения энергии и импульса, но он в принципе не может описывать упорядоченность квантовых событий в пространстве и времени.

Любое повышение точности определения пространственно-временной локализации квантового объекта сопряжено с повышением

неточности в определении его импульсно-энергетических характеристик. Неточности измеряемых физических параметров образуют простые соотношения неопределенностей Гейзенберга, о которых речь шла выше.

В подобной картине становится не совсем корректным сам классический образ частицы, она теряет свою локализованную индивидуальность и выступает в некой размытости, волновой размазанности. Подобная специфика микрообъектов была вскрыта уже в соотношениях де Бройля:

$$E = h\nu; \quad p = h/\lambda.$$

В этих соотношениях связываются воедино две взаимоисключающие характеристики излучения и микрообъектов, которые тем не менее являются необходимыми для объяснения и описания явлений. Квант действия связывает, например, энергию фотона и частоту волны, что характеризует связь двух взаимоисключающих способов описания излучения. Л. Розенфельд отмечает, что в данном случае по существу вопрос заключается в том, что означают эти простые уравнения, в которых сочетаются противоречащие друг другу понятия. «То, с чем мы здесь сталкиваемся, — подчеркивает он, — на самом деле есть логическая задача: как нужно поступить в том случае, когда мы встречаемся с такой ситуацией, при которой мы должны использовать два представления, взаимно исключают друг друга, но оба необходимые для полного описания явления?» [108, с.41].

Квантовая механика была положена в основу бурно развивающейся физики элементарных частиц, количество которых достигает нескольких сотен, но до настоящего времени еще не создана корректная обобщающая теория. В физике элементарных частиц представления о пространстве и времени столкнулись с еще большими трудностями. Оказалось, что микромир является сложной многоуровневой системой, на каждом уровне которой господствуют специфические виды взаимодействий и характерные специфические свойства пространственно-временных отношений. С учетом этих соображений область доступных в эксперименте микроскопических интервалов условно делится на четыре уровня [109, с.23]:

- 1) уровень молекулярно-атомных явлений;

- 2) уровень релятивистских квантовоэлектродинамических процессов;
- 3) уровень элементарных частиц;
- 4) уровень ультрамалых масштабов ($\Delta X < 10^{-16}$ см и $\Delta t < 10^{-26}$ с — эти масштабы доступны в опытах с космическими лучами).

В области молекулярно-атомных масштабов ($\Delta X \approx 10^{-6} \div 10^{-11}$ см и $\Delta t \approx 10^{-17} \div 10^{-26}$ с) пространство и время еще сохраняют привычный для нас смысл, хотя многие важные пространственно-временные отношения оказываются существенно иными, чем в классической физике макромира. На более глубоком уровне ($\Delta X < 10^{-11}$ см) определяющими являются законы квантовой электродинамики. На этих расстояниях неопределенность в значении энергии частицы оказывается порядка массы электрона, и это обуславливает возможность образования виртуальных электронно-позитронных пар. Здесь уже необходимо учитывать релятивистские эффекты, и структура пространства-времени должна задаваться законами специальной теории относительности. В этой области, отмечает В.С. Барашенков, по-иному следует понимать природу пустоты — вакуум.

В квантовой электродинамике вакуум является сложной системой виртуально рождающихся и поглощающихся фотонов, электронно-позитронных пар и других частиц. На этом уровне «вакуум рассматривают как особый вид материи — как поле в состоянии с минимально возможной энергией. Квантовая электродинамика впервые наглядно показала, что пространство и время нельзя оторвать от материи, что так называемая «пустота» — это также одно из состояний материи, столь же неисчерпаемое богатством свойств, сколь и любое другое» [109, с.23]. Как видно, динамическая структура процессов в микромире очень сложна. Но насколько оправданно превращать пространство и время в материю, в ее особый вид, в особое состояние?

При анализе вакуума в современной физике возникает много недоразумений, которые обусловлены использованием классических представлений при исследовании квантовых ситуаций. Например, в классической физике считалось, что если убрать всю материю из данного объема пространства, т.е. сделать минимальной плотность энергии в этом объеме, то в результате получается вакуум, пустое пространство. Само собой разумелось, что мини-

мальная плотность энергии равна нулю. Если в таком пространстве вдруг обнаруживался ранее неизвестный вид материи, некое поле, то его можно было назвать «физическим вакуумом». Но это уже не пустое пространство, а некий вид материи, который должен существовать в пространстве и времени. Таким образом, речь шла не о превращении пустого пространства в некий вид материи, а об открытии в пустом пространстве ранее неизвестного ее вида.

По мнению Ахундова, в истории физики и философии ученые уже не раз были свидетелями стыковки нуля и бесконечности: крайности сходятся. Так, в классической физике эфир отождествлялся с пустым абсолютным пространством и при этом наделялся свойствами абсолютно твердого тела. Ныне ситуация возродилась на новом уровне: оказалось, что пустое пространство характеризуется бесконечной плотностью энергии. Дело в том, что вакуум имеет бесконечное число типов колебаний. «Допустив скромные $0,5h\nu$ для каждой отдельной волны, — пишет Я. Б. Зельдович, — мы немедленно с ужасом обнаруживаем, что все волны вместе дают бесконечную плотность энергии» [110, с.485]. Эта бесконечная энергия пустого пространства таит в себе огромные возможности, которые еще предстоит освоить физике. Так, ученые надеются, что поляризация вакуума может помочь им избежать необходимости введения начальной сингулярности Вселенной. Далее, развитие современной физики элементарных частиц во многом определяется реализацией процедуры перенормировки, которая дает возможность преодолевать такие решения, которые приводят к бесконечностям заведомо конечных физических величин; она, в частности, связана с бесконечностями вакуума.

Продвигаясь вглубь материи, ученые перешагнули рубеж 10^{-13} см и начали исследовать физические процессы в области субатомных пространственно-временных отношений. На этом уровне структурной организации материи определяющую роль играют сильные взаимодействия элементарных частиц (эти взаимодействия, например, связывают протоны и нейтроны в атомных ядрах). Здесь иные пространственно-временные понятия. Так, специфике микромира не соответствуют обыденные представления о соотношении части и целого. Еще более радикальных изменений пространственно-временных представлений требует переход к исследованию процессов, характерных для слабых взаимодействий (ответственных за β -распад).

В этих условиях были предприняты различные попытки принципиально нового истолкования пространства и времени. Одно направление связано с изменением представлений о прерывности и непрерывности пространства и времени, а второе — с гипотезой о возможной макроскопической природе пространства и времени.

Таким образом, при проведении экспериментов с микротелами используют макроприборы, которые влияют на точность результатов. Но, тем не менее, при уменьшении объектов исследований следует иначе воспринимать процессы, происходящие в микромире. Для этих объектов необходимо применять другие теории о пространственном и временном распределении, использовать другие координаты и уравнения, описывающие движение и местоположение объекта, и другие понятия о движении или местоположении. С развитием теории о микромире обнаруживаются новые пути развития науки, что изменяет представление человека об окружающем мире.

В начале XIX века человек и не предполагал, к какому бурному развитию науки приведут его изыскания, поиск разрешения противоречий и объяснений теоретических высказываний о том, что «не видно невооруженным глазом».

ГЛАВА 5

ВРЕМЯ

5.1. Становление времени

В I веке до нашей эры был составлен полный свод сочинений Аристотеля — их исправили, переписали и расположили по темам. Вслед за работами, составившими «Физику», поместили группу трактатов философского содержания. Они получили название «Метафизика» — это значит «то, что после физики». Здесь Аристотель говорил об общих взглядах на мир и на место человека в нем. В своих рассуждениях он отталкивался от воззрений Платона.

Аристотель расходился со своим учителем в понимании самого главного. А главное — это философский вопрос о реальности мира. Платон полагал, что все окружающие нас тела иллюзорны и на самом деле даже не существуют. Это всего лишь какие-то «тени», бледные копии некоторых высших прообразов, оригиналов всех вещей. Вот эти прообразы — он называл их идеями — действительно существуют и притом всегда в неизменном виде. Но существуют они не в нашем мире, а в воображаемом идеальном мире, где все совершенно и вечно. Предметы же нашего мира изменчивы и преходящи, они возникают и исчезают и потому лишены «истинного существования».

Аристотель утверждал независимое существование мира и природы как настоящей реальности. Идеи и понятия не предшествуют нашему миру. Напротив, реальный мир служит источником идей, рождающихся в сознании человека. В наших идеях и понятиях отражаются конкретные знания людей о мире.

Два противоположных друг другу направления философской мысли в XVIII веке получили названия материализма и идеализма. Материализм в споре с идеализмом отстаивает объективную, независимую от чего бы то ни было реальность мира и природы. Название «материализм» происходит от латинского слова материя, которое значит примерно то же, что и русское слово «вещество».

В сочинении, носящем название «Тимей» (по имени одного из участников введущихся там обсуждений), Платон, не слишком вдаваясь в объяснения и подробности, излагает свой взгляд на происхождение Вселенной и природу времени. Его картина мира еще очень близка к мифологической.

Земля со всем, что на ней, а также Солнце, Луна, планеты, звезды создаются у Платона творцом, который действует в соответствии с некоторым высшим прообразом и идеалом. Все эти создания, насколько вообще возможно, стремятся походить каждое на свой идеал. Однако в одном очень важном отношении идеал принципиально недостижим. Ведь мир имел начало, он претерпевает изменения, становится старше и, возможно, будет когда-то иметь конец. Идеалы же вечны и неизменны. И вот чтобы хоть как-то сгладить этот недостаток мира, его творец, оказывается, и придумал время. «Он замыслил сотворить некоторое движущееся подобие вечности: творя небо, он вместе с ним творит для вечности, пребывающей в едином, вечный образ, движущийся от числа к числу, который мы называли временем».

Время у Платона — заместитель вечности, ее несовершенное воплощение в мире. Он называет время подвижным образом, движущимся подобием вечности. Время движется, течет и таким путем стремится подражать вечности, имитировать ее. Платон называет и «механизм», приводящий время в движение: это обращения небесных тел. «...Чтобы время родилось от разума и мысли бога, возникли Солнце, Луна и пять других светил, именуемых планетами». «Все эти светила, назначенные участвовать в устройении времени, получили подобающее им движение». Это движение светил, как видно из наблюдения, циклично; потому и время Платона бежит по кругу. Время — как подвижный образ вечности...

Если отвлечься от «космогонической легенды» Платона, забыть про его бога-творца, придуманный мир идей и т.п., это определение (или, может быть, метафора) не потеряет содержания, не станет пу-

стым. Напротив, вне мифологического сюжета оно даже выигрывает. Конечно, это не научное утверждение в современном смысле, а лишь смутная догадка. Но она привлекает смелым сопоставлением крайностей. С одной стороны, это вечность, неподвижная и лишенная изменений, а с другой — это время, суть которого в неукротимом движении, влекущем за собой необратимые изменения.

За два с половиной тысячелетия, считая от Платона, философия предложила немало разнообразных соображений о времени. В русле философского идеализма это были всякий раз попытки тем или иным путем отрицать время как реальную черту реального мира. И. Кант, космогонист, но прежде всего классик идеализма второй половины XVIII–начала XIX веков, считал, что время (и пространство) не является свойством самой природы. Он рассматривал время как свойство человеческой познавательной способности. По его мнению, человек обладает «интуицией времени», которая позволяет ориентироваться во внешнем мире. Время и пространство не присущи миру как таковому. Это только те «формы», в которых человек воспринимает внешний мир.

Близкие к этому взгляды разделяли Р. Декарт, Г. Лейбниц, другие мыслители. Они полагали, что такие общие и жизненно важные идеи, как идея времени или идея пространства, человек получает не из опыта — он имеет их в своей душе от рождения в уже готовом виде.

Многие философы-идеалисты сомневались в том, что человек вообще способен правильно понимать окружающий его мир. Природа времени представлялась таинственной и непостижимой.

Материалистический подход к природе времени совершенно иной. Отбрасывая мифологию, отрицая всякое божественное сотворение мира, строили свой взгляд на природу уже мыслители-материалисты классической древности. В VII–VI веках до нашей эры Фалес из Милета, столетием позднее Гераклит Эфесский следовали хотя еще и наивному, но определенно материалистическому пониманию мира. Они нисколько не сомневались в его реальном существовании, независимом от воли богов или разума людей. Родоначальник материализма нового времени Ф. Бэкон (1561–1626), его последователь Т. Гоббс (1588–1679) — английские философы — утверждали опытное происхождение всякого знания о мире. Но все же время у Гоббса существует не в природе, не вне нас, «а только в мышлении нашего ра-

зума». Преодолевая такого рода отдельные отступления, материализм выработал свое понимание времени и пространства как реально существующих и притом неотъемлемых черт окружающего нас мира.

В этом состоит философское решение проблемы времени, материалистический ответ на вопрос о его природе. Время не придумано богами. Это не иллюзия человеческого разума. Время существует в природе и вместе с ней. И как всякое свойство мира, оно доступно познанию и действительно хорошо изучается человеческим разумом на основе опыта. Научные знания о времени постоянно развиваются, становятся глубже и полнее.

«Советский энциклопедический словарь» (1982 г.) определяет время с философской точки зрения как форму последовательной смены явлений и состояний материи. Изучение времени — в его конкретных взаимных связях с пространством, веществом, движением — задача физической науки. Современная фундаментальная концепция времени строится на основе двух фундаментальных физических теорий — теории относительности и квантовой теории.

5.2. Относительность

Начало исследованию времени положили еще мыслители древности, стремившиеся на основании простых ощущений и наблюдений составить себе общее представление о времени, силой ума и воображения проникнуть в самую его суть. Первая физическая концепция времени была создана трудами Галилея и Ньютона. Ею стала классическая механика — наука об общих законах движения физических тел. В классической механике сущность времени проявлялась в движении. Время представлялось в нем как непрерывный и равномерный поток, неограниченный в обоих направлениях — в прошлое и в будущее. Скорость этого потока считалась всюду и везде одинаковой и не зависела ни от чего в мире. Классическая механика осознала, зафиксировала и описала те свойства времени, которые поддаются непосредственному восприятию в повседневном опыте. Время классической механики — это время макромира, мира, масштабом и мерой которого служит сам человек и окружающие его тела природы. Микромир, мир атомов и элементарных ча-

стиц, был еще недоступен науке. О макромире, о Вселенной в целом, можно было тогда только строить гипотезы. Но огромное разнообразие явлений макромира, связанных с движениями тел, получило полное, надежное и точное объяснение. В основе этого объяснения, в его фундаменте лежало то понимание времени, которое сложилось у Галилея и было ясно и четко сформулировано Ньютоном.

Абсолютное время, неподвластное никаким воздействиям, с раз и навсегда заданным темпом — вот исходная аксиома классической механики. Успехи классической механики в объяснении явлений макромира, чрезвычайная плодотворность ее применений в конструировании различных машин, механизмов, сооружений — все это рассматривалось как подтверждение аксиомы абсолютного времени.

Свойства времени, установленные и проверенные классической механикой в движениях макроскопических тел, не подлежат отмене или пересмотру. Это достижение, которое останется в науке навсегда. Но уже и основоположникам классической механики было понятно, что от четкого выяснения непосредственно проявляющихся свойств времени еще очень далеко до постижения его глубинного физического содержания. Новый крупнейший шаг на этом пути был сделан спустя почти три столетия, в начале XX века, усилиями Эйнштейна и других физиков и математиков, подготовивших появление теории относительности и сделавших ее затем основой современного физического мировоззрения.

Классическая механика действует и торжествует в макромире, но только в нем. Как было установлено и осознано в начале нашего века, область ее применения ограничена в двух важнейших отношениях. Во-первых, скорости исследуемых ею движений должны быть малы по сравнению со скоростью света. Во-вторых, силы тяготения, управляющие движениями тел, должны быть слабыми, чтобы они не могли разогнать эти тела до скоростей, сравнимых со скоростью света.

Теория относительности расширила поле деятельности физики. Она не отбросила классическую механику, а включила ее в себя в качестве частной, приближенной теории, действующей при определенных ограничениях скорости и сил тяготения. Теория относительности открыла новые свойства времени. Как и в классической механике, эти свойства проявляются прежде всего через движение физических тел. Вместе с тем время оказалось теснейшим образом

связанным с пространством. Вместе с пространством оно составляет единый четырехмерный мир, в котором и происходят все физические явления. Это единство времени и пространства, их сцепленность друг с другом обнаруживаются тогда, когда скорости движения тел приближаются к скорости света. В теории относительности время оказывается не абсолютным. Во-первых, абсолютного смысла лишается понятие одновременности. В классической механике два события, одновременность которых зафиксирована по каким-то одним часам, остаются одновременными и по всем другим часам. Теория относительности утверждает, что это не так: то, что одновременно по одним часам, не одновременно по другим часам, если они движутся друг относительно друга. Имеется, конечно, приближенная одновременность, когда скорость часов мала по сравнению со скоростью света, — это и есть область действия классической механики. Но когда скорость приближается к скорости света, два события, зафиксированные как одновременные по одним часам, оказываются случившимися в существенно разные моменты времени по другим часам, очень быстро движущимся относительно первых. Во-вторых, сам темп времени теперь зависит от движения и становится поэтому относительным. Часы, движущиеся относительно нас, всегда представляются нам отстающими. Это означает, что измеряемое ими время замедлено в своем беге. Конечно, и в этом случае эффект на самом деле заметен только при больших скоростях.

Наконец, в-третьих, время оказывается подверженным действию сил тяготения, они влияют на его темп: там, где имеются силы тяготения, время течет медленнее, чем в отсутствие этих сил. Различие в темпе времени практически незаметно при земном тяготении, но оно тем значительнее, чем сильнее тяготение. В присутствии очень сильного тяготения, например вблизи черной дыры, темп времени столь сильно замедляется, что оно даже как бы останавливается там в своем беге. Теория относительности дает полное представление о том, как и от чего зависит темп времени и отмеряющий его ход часов. Она позволяет построить физико-математические модели, описывающие время и пространство Вселенной как целое. На ее основе Фридман предсказал общую динамику Вселенной, а учет в его теории данных астрономии позволил установить, что космологическое расширение продолжается приблизительно 15 или 18 миллиардов лет.

Так в физике появилась мера времени, определяющая темп эволюции всей Вселенной. Возраст нашей Галактики на несколько (3 или 5) миллиардов лет меньше возраста Вселенной. Солнце и Земля еще моложе — им около 5 миллиардов лет. Вселенная как целое старше галактик, звезд, планет, а также самих атомных ядер и элементарных частиц, из которых состоят все ее тела и системы.

О возрасте атомных ядер имеются непосредственные экспериментальные данные. Они получены из измерений природной распространенности на Земле некоторых радиоактивных элементов. Возраст самых старых из ядер достигает 15 или даже 18 миллиардов лет. Замечательно, что эти данные согласуются с космологическими оценками возраста мира. Конечно, точность, с которой в обоих случаях определяется возраст, не слишком высока, и потому совпадение этих величин нельзя понимать слишком буквально. Нельзя, например, считать, что ядра возникли в самой сингулярности, — они могли возникнуть через минуты, часы, годы, а то и сотни миллионов лет после нее.

5.3. Кванты

Квантовая теория проливает новый свет на свойства времени, особенно в микромире.

Классическая механика дала теорию времени для макромира, теория относительности — для мегамира, для Вселенной как целого. В микромире без квантовой теории не обойтись — это область, где квантовые явления играют ключевую роль. Подлинный синтез обеих теорий, в котором наравне с квантовой теорией в полную силу звучала бы как специальная, так и общая теория относительности, остается пока еще делом будущего.

Ряд следствий такого синтеза известен, однако, уже и сейчас. Прежде всего, это гравитон — квант «взволнованного» пространства-времени, который сочетает в себе свойства элементарной частицы, летящей со скоростью света, и легкой волны искривленности, бегущей по четырехмерному миру. Искривленность пространства-времени, даже очень слабая, обеспечивает его энергию и импульс. Собственно, это энергия и импульс самого искривленного пространства-времени, трактуемые на языке квантовой теории.

Здесь приоткрывается завеса над совсем новыми связями в природе, глубинный смысл которых еще предстоит выяснить. И в самом деле, квантовые эффекты вызывают «материализацию» пространства-времени.

С. Хокинг применил квантовые соображения к такому объекту, как черная дыра. Здесь поле тяготения, а с ним и искривленность пространства-времени уже не слабы, как в «проквантованных» гравитационных волнах. Напротив, это пример очень сильных релятивистских эффектов. Оказалось, что черные дыры предстанут перед нами уже не абсолютно черными, если учесть соотношения неопределенности и иные закономерности мира квантовых явлений. Хокинг доказал, что черная дыра должна испускать частицы и излучение. Она испускает их подобно нагретому телу, причем соответствующая температура тем выше, чем меньше масса, вошедшая в черную дыру. Излучение уносит с собой энергию, которая черпается из этой массы.

Масса убывает, но из-за этого температура только возрастает. А чем выше температура, тем больше мощность излучения. В конце концов черная дыра заканчивает свое существование сильным всплеском излучения. Этот эффект получил название квантового испарения черных дыр. Он не наблюдался в природе (как и гравитон), но важна сама принципиальная возможность очень сильного влияния квантовых закономерностей на поведение пространства-времени. Квантовое испарение уничтожает черную дыру и вместе с этим ликвидирует причину замедления времени в данной области пространства. Если черная дыра — это «тупик» в потоке времени, то квантовые эффекты способны эту преграду размыть и освободить временной поток.

Роль квантовых эффектов всегда велика, когда масштабы времени (и пространства) оказываются малыми, характерными для микромира. Так было в первые мгновения космологического расширения, когда возраст Вселенной составлял невообразимо малые доли секунды (порядка 10^{-43} с). При этих условиях квантовые эффекты должны были «работать» во всю силу. И, значит, начало Вселенной было существенно квантовым. Течение времени в самом своем истоке было, вероятно, не непрерывным, а квантовым, прерывистым. Значит, существовали такие мельчайшие его отрезки, что в пределах каждого из них нельзя различать отдельные последовательные части. Каж-

дый отрезок времени возникает сразу как целое, подобно кванту света, излучаемому атомом. Внутри такого «кванта времени» не имеют смысла понятия «раньше» и «позже». Из начальной космологической сингулярности время истекало не сплошным потоком, а как бы отдельными толчками. Космическое время — это время нашей Вселенной, оно возникло и существует вместе с ней.

Наконец, квантовые эффекты в течение времени изменяют представления о световом конусе, о причинности. В теории относительности каждое событие в физическом мире характеризуется моментом времени, в который оно произошло, и тремя пространственными координатами места «происшествия». Эти четыре числа определяют событие как точку в четырехмерном пространстве-времени. Но квантовые эффекты не позволяют уместить событие в точку. Любое событие неизбежно имеет какую-то протяженность во времени и пространстве — оно не может быть точечным. Точка-событие размывается в пятно (вернее, в четырехмерный объем), размеры которого диктуются квантовой неопределенностью. Если событие не может быть точечным, то это должно вызывать размытие и мировой линии частицы. В «неквантованной» теории относительности эта линия складывается из следующих друг за другом точек-событий в истории частицы. При квантовом же взгляде мировая линия предстает, так сказать, толстой. В частности, толстой должна быть и мировая линия света, очерчивающего световой конус в пространстве-времени. Это в действительности означает, что граница светового конуса оказывается нечеткой, размытой. Но тогда возникает неопределенность в таких важных, даже принципиальных вещах, как возможность причинной связи между событиями. Мы помним, что два события могут быть причинно связаны и одно может быть следствием другого, когда оба они не выйдут за пределы светового конуса. Если же сами эти «пределы» размыты, то в соответствующих малых пространственно-временных масштабах становится неопределенным и само утверждение о возможности причинной связи. То есть мы не в состоянии с полной определенностью узнать, могут ли эти события быть связаны каким-либо сигналом.

Легко представить себе, как сильно размывает такая ситуация жесткие границы, накладываемые теорией относительности в физическом мире. Квантовая неопределенность вносится в причинность,

но вместе с тем и в одновременность событий, в порядок их следования во времени. Даже в истории одной и той же частицы исчезает определенность в том, какое событие было раньше, а какое — позже. Порядок смены событий — эта, казалось бы, обязательная черта временного потока — теряется в квантовых явлениях микромира.

Но в конечном итоге нет ничего неожиданного в том, что время микромира так сильно отличается от нашего обычного времени. Ведь и сам микромир существенно отличен от мира «обычных» тел. Время невозможно рассматривать независимо от тех явлений, которые мы описываем при помощи времени. В свойствах времени отражаются свойства этих явлений. Теория относительности довольно полно выявила сейчас свои возможности в изучении времени. Квантовая теория тоже дала уже немало. Но если результаты теории относительности строги, доведены до полной количественной точности, то выводы квантовой теории, касающиеся свойств времени, имеют пока что по большей части предварительный, ориентировочный, качественный характер. Например, до сих пор нет строгой количественной формулировки того, что понимать под причинностью в области квантовых явлений. А с этим в физике связан целый комплекс сложных и глубоких проблем, которые еще ждут своего решения.

Есть у времени такие свойства, которые ставят в тупик и теорию относительности, и квантовую теорию. Эти теории многое сказали нам о времени, но они не способны ответить на первый и самый простой из всех вопросов: почему время идет?

Время неудержимо движется, и притом не где-то в глубинах Вселенной или в недрах микромира. Оно идет здесь, сейчас, можно сказать, у нас под рукой. Гипотезы, высказанные о природе этого бега, производят, скажем прямо, слабое впечатление. Требуется, как видно, совсем новый взгляд на вещи, далеко выходящий за рамки привычных представлений. Конечно, при этом нужно отталкиваться от теории относительности и квантовой теории. Теория относительности учит нас, что ход времени зависит от физических явлений. Квантовая теория указывает на то, что наблюдаемый временной поток состоит из отдельных мельчайших толчков. Но чем вызывается само движение времени? Что задает его свободный, невозмущенный ход? Пусть мы посмотрим на неподвижные часы вдали от полей тяготения и сами часы не квантовые, а «обычные». Чем же тогда отбивается ритм времени?

Свободный, без движения и тяготения, ритм времени является самым быстрым. Движение тел и их тяготение могут его только замедлить, но не ускорить. Не означает ли это, что причина бега времени не связана ни с движением, ни с тяготением? Скорее всего, она и вправду лежит вне их. Конечно, можно было бы сказать, что если не движение или тяготение, то само существование физических тел заставляет время бежать. Что это в действительности означает, еще предстоит выяснить, «перевести» на ясный и точный язык физической теории.

Бег времени необратим. Оно течет лишь в одном направлении, от прошлого к будущему, и никакое физическое воздействие не может повернуть его вспять. Откуда такая асимметрия? Ни в каких законах природы, известных нам в мире «обычных» тел, этого нет. Лишь удивительный пример К-мезонов, распад которых не безразличен к направлению времени, составляет исключение, природа которого и сама по себе остается неясной. Но может ли одно редчайшее явление из мира элементарных частиц контролировать движение всей машины «обычного» и даже космического времени?

И, наконец, еще один важнейший вопрос — число измерений времени.

Чтобы указать положение тела в пространстве, нужно назвать его координаты, три числа. Чтобы указать момент времени, достаточно назвать одно число. В этом выражается трехмерность пространства и одномерность времени. Реальный четырехмерный мир физических явлений имеет размерность $3+1$.

Трехмерность пространства и одномерность времени представляют собою очевиднейшие свойства мира физических явлений. Но какова их природа? Почему пространство трехмерно, а время одномерно?

О трехмерности пространства рассуждали еще Платон и Аристотель. Но физический подход к проблеме был развит только в 20-е годы прошлого века П. Эренфестом, замечательным физиком-теоретиком, работавшим одно время и в России. Эренфест выяснил, что трехмерность пространства исключительно важна для самого существования реального мира, в котором мы живем. Если бы, например, число пространственных переменных было не 3, а 4, то, как оказывается, не существовало бы замкнутых орбит планет и Солнечная система не могла бы образоваться. Несколько лет назад советские

физики-теоретики Л.Э. Гуревич и В.М. Мостепаненко доказали, что в таком случае не существовало бы и замкнутых орбит электронов в атомах, так что была бы невозможна атомная структура вещества. Из этих примеров видно, что число пространственных переменных — исключительно важный факт природы. Несомненно, то же нужно сказать и о размерности времени. Его одномерность (осознанная людьми как таковая гораздо позже, чем трехмерность пространства) представляет собой факт фундаментальной важности. Но этой констатацией и ограничивается, по существу, современное состояние проблемы. И можно лишь упомянуть смелую гипотезу Эддингтона о том, что одномерность времени — это свойство лишь близкой к нам области мира. Не исключено, говорил он, что в каких-то очень удаленных от нас областях мира время могло бы оказаться не одномерным, а, например, двухмерным. Тогда для задания момента времени требовалось бы указать уже не одно, а два числа.

Идея различных областей мира с иными измерениями — как времени, так и пространства — в последние годы снова привлекла к себе внимание. Имеются высказывания о том, что размерность современного физического мира $3+1$ есть результат развития Вселенной из состояний иных, высших размерностей пространства и времени. Изучается, например, модель мира с 10 измерениями...

В недавно найденных рукописях И. Канта есть фраза, созвучная новейшим идеям: «Пространство и время возможны только как части еще большего количества».

Но здесь, кажется, пора остановиться и снова вспомнить Аристотеля. В 4-й книге своей «Физики» он обсуждает ту странность времени, что прошлое уже прошло, будущее не наступило, а настоящее не имеет длительности: что же тогда остается от времени? И вот как он заключает эти рассуждения: «А что такое время и какова его природа, одинаково неясно как из того, что нам передано от других, так и из того, что нам пришлось разобрать раньше».

5.4. Большой взрыв

Можно предположить, что Вселенная лишь в целом сбалансирована по числу частиц и античастиц, а в пространственном отношении она неоднородна, и антимирры существуют и находятся где-то

далеко — за пределами видимости наших приборов. А коли так, то открытие антимиров — лишь дело времени. Об этом говорят данные космологии.

Когда 15–20 миллиардов лет назад произошел Большой взрыв, разлетевшееся по все стороны правешество было не только сверхплотным, но и чрезвычайно раскаленным. Что происходило в первые мгновения этого взрыва, нам трудно даже себе представить. Однако когда аморфное вещество расширилось и несколько остыло, из него стали выделяться частицы — сначала очень тяжелые, для рождения которых требуется много энергии, а потом все более и более легкие. Вселенная стала своеобразным «кварковым супом», где кварки, антикварки и окружающий их глюонный бульон слипались в адроны и тут же под действием огромных температур снова распались. А когда плотность вещества снизилась до уровня атомных ядер, образовались протоны, нейтроны и соответствующие античастицы. Это случилось всего через одну десятитысячную доли секунды после начала Большого взрыва. Диаметр Вселенной не превышал в то время 30 километров. Большая часть образовавшегося тогда вещества сгорела в пламени аннигиляционных процессов и превратилась в более легкие частицы и электромагнитное излучение, а меньшая, оставшаяся, распалась на ядра и антиядра, сконденсировавшиеся затем в туманности, галактики и прочие космические объекты. Вся сложная цепочка ядерных процессов завершилась за несколько миллионов лет — мгновение по сравнению с 15–20 миллиардами, прошедшими с того времени. И все эти миллиарды лет осколки первичного взрыва разлетались в различных направлениях. Поэтому можно думать, что расстояния, разделяющие миры и антимир, колоссально велики: они сравнимы с размерами Вселенной [114, с.102].

Остается загадкой, каким образом в бурном океане Большого взрыва могли образоваться и удерживаться обширные неоднородности с «перекосом» в сторону вещества (или антивещества). Не так давно была выдвинута гипотеза о том, что образование неоднородностей связано с микроскопическими черными дырами. Гравитационная энергия этих дыр интенсивно переходит в энергию испускаемых, «разбрызгиваемых» потоков частиц и античастиц, а это означает, что каждая из них является мощным источником антивещества. Расчет показывает, что если черная дыра вращается, то частицы и античастицы должны разлетаться в противоположных направлени-

ях. Так говорит теория. Заметим, что это связано с асимметрией микропроцессов по отношению к правому и левому. Для нас сейчас важен сам факт асимметричного вылета частиц и античастиц. Он-то и создает условия для пространственного разделения вещества и антивещества. На современном этапе эволюции Вселенной микроскопических черных дыр, видимо, недостаточно для того, чтобы вырабатывать значительное количество антивещества. Но на ранних стадиях, когда плотность расширяющегося сгустка материи была очень велика, достаточно было небольшого случайного ее увеличения, чтобы произошло замыкание в черную дыру. Выработка антивещества тогда совершалась в огромных масштабах, причем тут же происходило разделение частиц и античастиц. Тогда-то и могли образоваться разделенные зоны вещества и антивещества.

Могли — если только не было какого-то дополнительного перемешивания. А это опять предположение, которое требует обоснования. И по-прежнему остается загадкой «перекос» Вселенной в сторону вещества. Почему его больше? Как могло случиться, что частицы рождались чаще античастиц, если они всегда появляются парами?

Вспомним теорию «великого объединения», которая предсказывает распад протона. Такой же радиоактивной частицей является и антипротон. Время их жизни фантастически велико — в миллиард триллионов раз больше нынешнего возраста самой Вселенной. Однако так было не всегда. В первые доли секунды после Большого взрыва чрезвычайно высокая температура вещества способствовала распадам частиц и античастиц. Они быстро распадались и так же быстро восстанавливались. Существовало равновесие. Но температура снижалась, восстановление все больше отставало от распада, и число тяжелых частиц уменьшалось. Правда, одновременно снижалась и скорость распадов, поэтому мало-помалу снова установилось равновесие — на уровне, близком к современному.

Оказывается, скорость накопления вещества и антивещества во взорвавшемся сгустке первичной материи были различны. И это приводило к тому, что, охлаждаясь, Вселенная становилась асимметричной по содержанию в ней вещества и антивещества. Частиц в среднем рождалось несколько больше, чем античастиц.

Хотя сами по себе, по своим свойствам частицы и античастицы симметричны, некоторое различие между ними все же есть. Они чуть-чуть различаются по особенностям своих распадов. Лет 20 на-

зад американские физики наблюдали распад странных частиц, К-мезонов, который указывал на несколько различное поведение частиц и античастиц. Правда, распады с нарушенной симметрией происходят крайне редко и только у К-мезонов, во всех других случаях частицы и античастицы ведут себя совершенно одинаково. Идея о том, что симметрия частиц и античастиц должна сильно нарушаться в условиях сверхвысоких температур и давлении, пока чисто теоретическая. Она следует из моделей «великого объединения», которые предсказывают небольшой перевес вещества над антивеществом. Когда спустя много времени после Большого взрыва установилось равновесие, все частицы аннигилировали — превратились в нейтрино и электромагнитное излучение. Осталась лишь небольшая часть некомпенсированного античастицами вещества. Но из этой части и образовались все атомы нашей Вселенной.

Если такая картина верна, то антимиров просто нет — они давно сгорели в бурных реакциях распада и аннигиляции. В крайнем случае отдельные острова антивещества могли уцелеть где-нибудь на краешке Вселенной, среди других осколков Большого взрыва. Что вероятнее? Скорее всего, первый вариант: у Вселенной нет частей, состоящих из антивещества. Жаль, конечно, расставаться с красивой мечтой о зарядовом Зазеркалье, об антимире, отделенном от нас стеной аннигиляционного огня, но и теория, и опыт говорят за то, что античастицы в современном мире — лишь редкие гости, рождающиеся в ядерных реакциях [114, с.104].

А.А. Фридман открыл самое грандиозное явление природы из всех, которые мы можем сегодня себе представить. Рождение и расширение всей Вселенной. Но его открытие касалось лишь геометрии пространства и времени; теорию Большого взрыва, в котором из праматерии образовалось вещество нашего мира, создали четверть века спустя другие ученые, и прежде всего — Георгий Гамов.

Идея рождения мира «из точки» в огненном пекле Биг Бэнга нашла среди ученых признание далеко не сразу. С энтузиазмом ее встретила лишь католическая церковь, объявившая новую теорию научным подтверждением библейского мифа о сотворении мира.

Проблема происхождения окружающего нас мира интересовала человека с незапамятных времен. В трудах древнегреческих ученых, живших две с половиной тысячи лет назад и позже, уже можно найти различные модели бесконечной в пространстве и неогра-

ниченной во времени Вселенной. В их основе была и логика, чистое рассуждение, и анализ наблюдений. О происхождении мира размышляли еще раньше — в Древнем Египте, в Шумере и Аккаде, в Ассирии и Вавилоне, в Иудее и Персии, в Индии и Китае. Но эти размышления воплощались не в научных теориях, пусть даже и наивных, а в мифах и легендах. Из них-то и исходило широко распространившееся христианство, провозгласившее в качестве едва ли не одного из своих догматов ограниченность мира в пространстве и времени. В этом смысле его космогония была, по сравнению с древнегреческой, шагом назад.

Убеждение в вечном существовании мира, у которого нет ни конца, ни края, постепенно сделалось основой научного понимания природы. Стало общепризнанным, что Вселенная в круговороте своих форм бесконечна, и если в одном месте в какой-то момент времени что-то заканчивает свое существование, то это «что-то» неизбежно снова возникнет в другом месте и в другое время. Такое миропонимание хорошо согласовывалось с астрономическими наблюдениями. Вопросы о том, откуда произошел мир, может ли наступить его конец, стали считаться схоластическими, ненаучными, даже праздными.

Какая научная теория не может претендовать на универсальность. Мир неисчерпаем; неисчерпаем, следовательно, и взгляд на него: рано или поздно всякая теория заменяется более общей, а ее предшественница становится ее частным случаем. То же произошло и с классической космологией. Ей на смену пришла теория Большого взрыва и расширяющейся Вселенной.

Именно опыт, результаты наблюдений убедили ученых в том, что теория Биг Бэнга и расширяющегося пространства точнее других теорий описывает пространственно-временную структуру нашего мира. Прежняя стационарная модель мироздания с неизменным, инертным пространством оказалась применимой лишь к сравнительно небольшим временным интервалам, не слишком удаленным от нашей эпохи. В масштабах миллиардов лет уже нельзя не учитывать эволюции мира. И уж совсем не подходит стационарная модель ко временам начала расширения Вселенной, когда за ничтожные доли секунды Вселенная изменялась больше и резче, чем за миллиарды лет ее последующего более спокойного развития.

Когда речь шла о реликтовых кварках, уже говорилось, что никакого «сотворения из ничего» в подлинном смысле этого слова (когда сначала не было абсолютно ничего и вдруг стало) не произошло. Обнаруженная Фридманом особая точка в пространстве-времени — это переломный момент, когда радикальным образом изменились основные свойства мира — заполняющей его материи, пространства, времени. Почему это произошло, откуда «вынырнула» наша Вселенная, каковы были свойства мира до ее появления — это во многом еще только предстоит выяснить.

5.5. Система отсчета «Земля» в пространстве и времени

Звездное небо не является нашей первой системой отсчета, фиксирующей направления во Вселенной. Звезды разнообразны. Одни ярко мерцают, другие — едва заметны. Цвет одних — голубоватый, других — желтый, третьи имеют красноватый оттенок. И расположены звезды неравномерно: есть участки неба, где они редки, а вот через весь небосклон проходит сливающаяся звездная полоса. Мы называем ее Млечным Путем. Млечный значит молочный. И древние греки называли это почти равномерно светящееся скопление звезд так же: «кикλος галактикос» — «круг молочный». Положение звезд на небе меняется как целое из-за вращения Земли. Взаимное расположение звезд на небесной сфере практически неизменно.

В древнем мире люди видели почти такую же картину звездного неба: относительное перемещение звезд за несколько тысяч лет очень невелико, поэтому созвездия сохранили свои очертания. Многие созвездия получили свои имена в глубокой древности. Строго говоря, созвездия — это 88 отдельных участков, покрывающих всю небесную сферу, их границы определены Международным астрономическим союзом в 1922–1930 годах. Созвездия исторически связаны с группами звезд, видимых невооруженным глазом, а древние названия созвездий, по-видимому, соответствуют фигурам, которые можно получить при их мысленном соединении. Нам неизвестны рисунки древних астрономов. Соединить звезды отрезками предложил американский астроном Г. Рей. Глядя на созвездия Льва и Во-

долея, хочется верить, что Рей лишь повторил картинки древних, тех людей, что дали названия созвездиям. До нас эти названия дошли от греков, но сами греки взяли за основу деление звездного неба на созвездия из Древнего Вавилона. Интересно, что в Древнем Китае группирование звезд в созвездия было совершенно иным [115, с.6].

Имеется 12 созвездий, называемых созвездиями Зодиака: Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей, Рыбы.

Астрономы умеют определять расстояния до звезд. Оказывается, лишь изредка звезды, расположенные рядом в созвездии, и на самом деле близки друг к другу. В большинстве случаев «соседние» звезды находятся на совсем разных от нас расстояниях и только зрительно совмещены.

Расстояния до звезд очень велики. Так, одна из ближайших к нам звезд, Вега из созвездия Лиры, находится на расстоянии $2,5 \cdot 10^{17}$ м: в полтора миллиона раз дальше, чем Солнце. Свет Веги доходит до нас через 26,5 лет. Именно такими большими расстояниями и объясняется тот факт, что расположение звезд в созвездиях практически неизменно. На самом деле звезды перемещаются друг относительно друга. Характерная величина скоростей звезд составляет 100 км/с. Время, за которое звезда, движущаяся с такой скоростью перпендикулярно направлению на звезду, но расположенная очень близко, скажем как Вега, сместится относительно других, далеких звезд, например на 1 градус, — это время равно

$$t = \pi \frac{1}{180} \frac{2,5 \cdot 10^{17}}{10^5 \text{ м/с}} \approx 4 \cdot 10^{10} \text{ лет.}$$

Поэтому-то в древнем мире вид созвездий и был почти таким же, как сегодня [115, с.8–9]. Впрочем, измениться он может не только из-за перемещения звезд, но и вследствие изменения светимости отдельных звезд.

Звезды расположены на небесном своде, концентрируясь около Млечного Пути. В достаточно сильный телескоп видно, что и сам Млечный Путь состоит из отдельных звезд. Но они так тесно проектируются на небосвод, что невооруженному глазу представляются сплошным светящимся облаком. При наблюдении с Земли

видно, что Млечный Путь простирается через все небо, от горизонта до горизонта. Но с точки зрения космонавта, который видит все звездное небо целиком, Млечный Путь замкнут — он является звездным поясом, окружающим нас. Древние греки каким-то образом догадывались об этом — ведь они единственные из всех народов назвали Млечный Путь кругом («киклос галактикос»).

Мы используем слово Галактика для обозначения всей системы звезд, внутри которой расположены наше Солнце и Земля. При этом подразумеваем не круг на небесной сфере, а реальное трехмерное звездное объединение. Мы изучаем Галактику изнутри. Если же изобразить ее целиком так, как видел бы ее наблюдатель извне, то окажется, что она имеет довольно странную форму. Она имеет вид плоского круглого блина с утолщением в центре. Из центра в плоскости Галактики исходят спиральные «рукава», где плотность звезд сравнительно более высокая. Резкой границы Галактика не имеет.

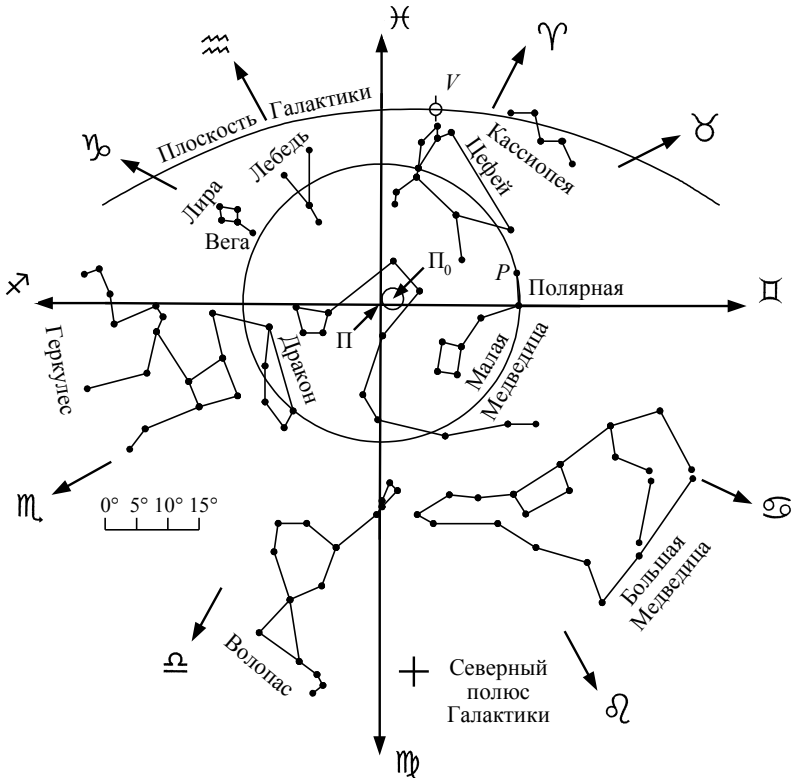


Рис. 5.1. Схема созвездий Северного полушария:

P — направление на полюс мира, большая окружность — его траектория; Π — полюс эклиптики, малая окружность — его траектория; Π_0 — направление момента Солнечной системы; V — направление скорости Солнечной системы в Галактике; «+» — северный полюс Галактики

В центре Галактики, в ее ядре, плотность звезд наибольшая. Изучать ядро сложно, оно скрыто от нас межзвездным веществом, поглощающим свет. В этом месте — оно находится между созвездиями Стрельца и Скорпиона — Млечный Путь как бы раздваивается, оставляя посреди темную полосу. Из центра Галактики к нам доходит радиоизлучение и коротковолновое, рентгеновское излучение. Структуру галактического ядра удалось изучить также и в инфракрасном свете.

На рис. 5.1 показаны расположение галактической плоскости, направление на центр Галактики, северный галактический полюс.

Солнце расположено в Галактике близко к середине галактического диска. Если бы это было не так, Млечный Путь не выглядел бы поясом, не лежал бы вдоль большого круга небесной сферы, а представлялся бы ярким пятном, занимающим обширную часть звездного неба. Расстояние от Солнца до центра Галактики около $a_{\oplus} \approx 3 \cdot 10^{20}$ м, оно в два миллиарда раз превосходит расстояние от Земли до Солнца ($a_{\oplus} = 1,5 \cdot 10^{11}$ м).

Звезды Галактики обращаются вокруг ее ядра в соответствии с законом всемирного тяготения. Наше светило всегда находилось в галактической плоскости. По величине скорость орбитального движения Солнечной системы $v_{\ominus} \approx 250$ км/с. Период нашего обращения вокруг центра Галактики можно оценить как $2\pi a_{\ominus}/v_{\ominus} \approx 7 \cdot 10^{15}$ с, т.е. двести с лишним миллионов лет.

Закон всемирного тяготения дает возможность узнать ту часть массы Галактики, которая находится внутри орбиты Солнца. Полная масса Галактики близка к этой оценке по порядку величины:

$$m_{\Gamma} \approx \frac{v_{\ominus}^2 a_{\ominus}}{G} \approx 3 \cdot 10^{41} \text{ кг.}$$

Здесь буквой G обозначена гравитационная постоянная, равная $6,67 \cdot 10^{-11}$ м³/(кг·с²). Масса Галактики больше, чем 10^{11} масс Солнца. Примерно такое число звезд и входит в Галактику.

5.6. Космос и время

Чем дальше удален от нас космический объект, тем, естественно, слабее его воздействие. Однако малость одного воздействия по сравнению с другим еще недостаточна для того, чтобы слабым воздействием можно было безусловно пренебречь.

Наибольшая сила, действующая на Землю, — это гравитационное притяжение Солнца. Сравнительно с ней сила притяжения к центру Галактики ничтожно мала: $(a_{\oplus}/a_{\ominus})^2 2m_{\oplus}/m_{\ominus} \approx 3 \cdot 10^{11}$. Можно ли ею пренебречь? Ответ зависит от того промежутка времени, в течение которого нас интересует движение. Если это годы

— несколько оборотов Земли вокруг Солнца — то пренебречь воздействием тяготения Галактики, конечно, можно. Но если имеются в виду сотни миллионов лет, что сравнимо с периодом обращения по галактической орбите, то именно малая, но постоянная сила притяжения Галактики становится главной силой, определяющей траекторию Земли. Солнечное же тяготение приводит только к малым колебаниям траектории Земли около галактической орбиты Солнца — следует помнить, что скорость галактического движения почти вдесятеро больше скорости Земли относительно Солнца.

Для изучения космических воздействий на нашу планету достаточно ограничиться движением Земли в Солнечной системе и движением Солнца в Галактике. Но временная шкала больше, чем период обращения по галактической орбите.

Кроме Галактики, существует множество таких же огромных звездных систем, похожих и непохожих на нашу. Их называют галактиками (со строчной буквы). Ближайшие к нам галактики — Большое и Малое Магеллановы Облака — видны жителям Южного полушария Земли. Они удалены от нас на расстояние $1,6 \cdot 10^{21}$ м, а размеры этих галактик — около $2 \cdot 10^{20}$ м. Магеллановы Облака имеют неправильную форму и значительно уступают по массе нашей Галактике. Они гравитационно с ней связаны, т.е. являются ее спутниками.

В большие телескопы можно различить колоссальное число галактик, порядка 10^{11} , удаленных на огромные расстояния, достигающие 10^{20} м. Галактики распределены в пространстве неравномерно, большинство из них собраны в скопления галактик. Скопления, в свою очередь, имеют тенденцию к объединению в сверхскопления. И тем не менее в самых больших масштабах Вселенная представляется заполненной веществом довольно равномерно — даже число сверхскоплений в видимой ее части еще достаточно велико.

В начале 30-х годов XX века американский астроном Э. Хаббл наблюдениями доказал, что скорости удаленных галактик направлены от нас. Более того, чем дальше расположена галактика, тем быстрее она убегает. Скорости галактик пропорциональны расстояниям до них — это утверждение называется законом Хаббла. Найти точно коэффициент пропорциональности трудно — слишком далек масштаб расстояний во Вселенной от наших земных эталонов длины. Величина постоянной Хаббла H лежит в пределах

от 50 до 100 км/(с·Мпс). Она показывает, насколько возрастает скорость разбегания галактик при удалении на каждый мегапарсек. Парсек, астрономическая единица длины, равен расстоянию, с которого радиус земной орбиты виден под углом 1". Легко вычислить: мегапарсек равен $3,086 \cdot 10^{22}$ м. Переведем постоянную Хаббла из астрономических единиц в физические, сократив размерности длины. Тогда $H \approx 3 \cdot 10^{18} \text{ с}^{-1}$.

Вся картина расширяющейся Вселенной выглядит так, как будто весь мир вначале был сжат в точку, а затем взорвался и разлетается. Чем с большей скоростью вылетела материя, тем дальше успела она удалиться. Самые далекие из обнаруженных галактик удаляются со скоростью, сравнимой со скоростью света. Но полной аналогии между обычным взрывом и расширением Вселенной нет. Тем не менее вполне закономерен вопрос: сколько времени прошло с момента этого Большого взрыва? Для определения этого времени необходимо учитывать замедление разлета гравитационным притяжением всей Вселенной [116].

В самом первом приближении, пренебрегая гравитацией, оценить возраст Вселенной можно; считая, что галактики разлетаются со скоростями, не зависящими от времени, получим

$$t_0 \approx H^{-1} \approx 3 \cdot 10^{17} \text{ с} \approx 10^{10} \text{ лет.}$$

Более точные расчеты показывают, что возраст Вселенной лежит в пределах от 14 до 20 миллиардов лет. Время, отсчитанное от момента начала расширения, называют космологическим.

Нетривиальная картина расширяющегося мира была предсказана теоретически еще до того, как была обнаружена наблюдениями. В 1922 году советский ученый А.А. Фридман показал, что большинство решений уравнений А. Эйнштейна для мира в целом нестационарны, зависят от времени, что расширение Вселенной есть наиболее естественное следствие уравнений тяготения [115, с. 13].

Существуют и часы, пригодные для измерения промежутков времени в миллиарды лет. Такие возможности дают радиоизотопные методы. Они основаны на том, что некоторые изотопы химических элементов не стабильны, а самопроизвольно распадаются. Изотопы при этом превращаются из одних в другие. Но всегда и

независимо от внешних условий число радиоактивных атомов и масса изотопа убывают со временем по закону

$$m(t) = m(0) 2^{t/T_{0,5}}.$$

Здесь $m(0)$ — начальная масса изотопа, а $T_{0,5}$ — период полураспада, постоянная величина, сугубо индивидуальная для каждого изотопа, — время, за которое распадается половина начального его количества. Периоды полураспада у разных изотопов совершенно различны. Короткоживущие ядра атомов распадаются за миллионные доли секунды, есть изотопы, у которых $T_{0,5}$ равно нескольким секундам, у других оно — минуты, сутки, годы. Известно более тысячи изотопов элементов таблицы Менделеева. Из них 278 стабильны или имеют периоды полураспада, значительно превышающие возраст Вселенной.

Большая часть нестабильных изотопов имеет характерные времена жизни от минуты до недели, но немало и долгожителей. Их и используют для радиоактивной датировки.

Различные изотопы химических элементов образуются при ядерных реакциях в центральных областях звезд. Еще одна возможность образования нестабильных изотопов — ядерные реакции в высоких слоях атмосферы под действием быстрых частиц космических лучей.

Например, именно таким образом земная атмосфера обогащается углекислотой с изотопом углерода ^{14}C . Его период полураспада 5570 лет. Измеряя содержание ^{14}C в древесине, можно установить время, когда росло дерево, когда оно синтезировало органические соединения из атмосферной углекислоты.

Изотопы с периодами полураспада в 10^5 – 10^7 лет звездного происхождения уже не сохранились в земной коре. На Земле эти изотопы стали возникать только после 1945 года в результате ядерных взрывов и управляемых ядерных реакций.

Наконец, несколько изотопов имеют периоды полураспада, сравнимые с возрастом Вселенной. Это два изотопа урана ^{235}U и ^{238}U , торий ^{232}Th , калий ^{40}K , и стронций ^{87}Sr . Они свидетели тех времен, когда происходило образование Солнечной системы. По отно-

сительной концентрации их самих и продуктов их распада можно установить возраст древнейших образцов пород — время, прошедшее с момента последнего затвердевания. Исследования земных и лунных пород, а также вещества метеоритов показывают, что в окружающей нас части Солнечной системы нет вещества старше 4,6 миллиарда лет. Поэтому считается, что Солнечная система образовалась около 5 миллиардов лет назад.

Найденный радиоизотопными методами возраст Солнечной системы не противоречит возрасту Вселенной, определенному по разбеганию галактик.

5.7. Свет галактик и звезд

Наука утверждает, что свет сиял до образования галактик и звезд [115, с.16]. Большой взрыв, прослеживаемый по разбеганию галактик, разогрел вещество Вселенной до очень высоких температур. При расширении эта температура падала, изменялось и излучение, равномерно заполнившее Вселенную. Но этот первичный свет существует и сегодня — невидимый глазу, он регистрируется радиотелескопами.

С ростом температуры усиливается тепловое хаотическое движение молекул, увеличивается частота их столкновений. Оказывается, эти явления сопровождается и усиление хаотического электромагнитного поля, именно его мы и называем естественным светом.

Если излучение тела достаточно долго взаимодействует с нагретой средой, оно приходит в тепловое равновесие. Тогда свойства его определяются только температурой среды. Это излучение называется излучением абсолютно черного тела. Для достижения теплового равновесия тело должно хорошо поглощать падающий свет, при этом поглощенная энергия компенсируется тепловым излучением. Тела же, почти полностью поглощающие свет видимого диапазона, выглядят черными.

Людвиг Больцман установил закон теплового излучения: плотность потока световой энергии абсолютно черного тела пропорциональна четвертой степени температуры:

$$S = \sigma T^4.$$

Плотность потока S , называемая еще интенсивностью излучения, есть энергия, излучаемая единицей площади тела в единицу времени. Поэтому коэффициент пропорциональности σ — постоянная Стефана–Больцмана — имеет размерность Дж/(м²·К⁴). В 1900 году немецкий физик Макс Планк доказал квантовую природу теплового излучения. После этого оказалось возможным выразить постоянную Стефана–Больцмана через фундаментальные постоянные: скорость света c , постоянную Планка $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ кг·м²/с и постоянную Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К:

$$\sigma = \frac{\pi^2}{60} \frac{k^4}{h^3 c^2} = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ кг}/(\text{с}^3 \cdot \text{К}^4).$$

Макс Планк занимался объяснением спектра теплового излучения. Спектр есть распределение интенсивности света по частотам — это функция частоты света ω (связанной с длиной волны $\lambda = 2\pi c/\omega$), показывающая, какая доля энергии приходится на интервал частот $d\omega$. Планк первым ввел понятие о квантах света, фотонах, и с помощью этого нового физического представления теоретически объяснил наблюдаемые спектры абсолютно черного тела:

$$\frac{dS}{d\omega} = \frac{h}{2\pi^2 c^2} \frac{\omega^3}{e^{h\omega/kT} - 1}.$$

Слева стоит интенсивность излучения частоты ω , отнесенная к спектральному интервалу $d\omega$. Ее размерность Дж/(м²·с·с⁻¹). Хотя секунды в размерности, конечно, можно сократить, так написанная размерность полнее отражает физическую суть величины $dS/d\omega$.

В знаменатель правого выражения входит степень числа $e = 2,718...$ основания натуральных логарифмов. Тепловой спектр имеет максимум при частоте $\omega = 2,82kT/h$. Если графически изобразить зависимость спектра излучения от частоты, то площадь под кривой даст в точности больцмановскую величину интенсивности σT^4 . Таким образом, и интенсивность равновесного теплового излучения, и частота максимума его спектра, и вся спектральная зависимость определяются только одним параметром — температурой.

На рис. 5.2 построен спектр излучения абсолютно черного тела при температуре 3 К. Оказывается, именно такая сейчас температура теплового излучения Вселенной. Это излучение и есть дошедшее до нас свидетельство высоких температур в начале расширения мира. По этой причине оно называется реликтовым, т.е. оставшимся от далекого прошлого. Существование реликтового излучения Вселенной было предсказано в 1946 году русским физиком-теоретиком Георгием Гамовым. Он оценил современную температуру Вселенной в 10 К — отличие от истинной температуры совсем небольшое.

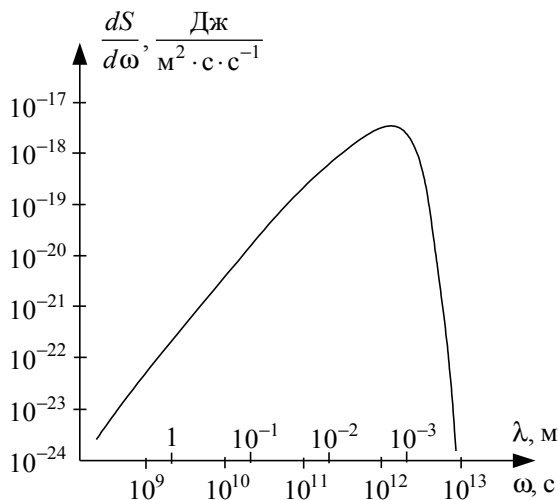


Рис. 5.2. Спектр теплового излучения Вселенной с температурой 3 К

Из рис. 5.2 видно, что максимум спектральной кривой реликтового излучения приходится на длину волны в несколько миллиметров. Такое электромагнитное излучение относится к радиодиапазону, оно, конечно, не регистрируется зрением. Обнаружили трехградусное черное излучение Вселенной американские радиоастрономы А. Пензиас и Р. Вильсон в 1965 году.

Возникает естественный вопрос: почему измеряемая сегодня температура Большого взрыва так низка? Ведь при 3 К только гелий может оставаться жидким, столь низкие температуры так и называют гелиевым.

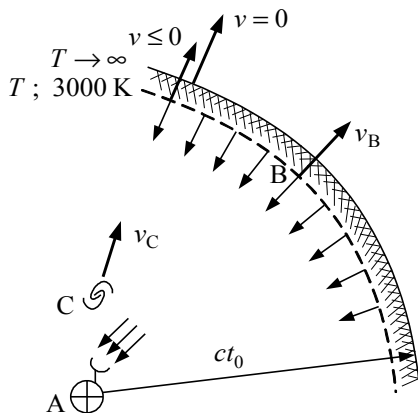


Рис. 5.3. Схема расширения Вселенной и распространения реликтового излучения

Ряд вопросов возникает в связи с тем фактом, что тепловое излучение Вселенной со всех сторон одинаково. В какую бы часть небосвода ни был направлен радиотелескоп, он примет излучение одной и той же температуры с различием в пределах тысячных долей. И даже эти малые отклонения имеют свое объяснение.

В точке A (см. рис. 5.3) условно изображены Земля и радиотелескоп, принимающий реликтовое излучение. Вы уже знаете, что текущий момент космологического времени $t_0 \approx 10^{10}$ лет. Если сегодня мы принимаем излучение, испущенное в момент t_1 , это означает, что оно прошло путь $c(t_0 - t_1)$. Скорость света c — наибольшая скорость передачи любой информации. Ясно, что мы принципиально не можем иметь никаких сведений с расстояний, больших ct_0 . Изобразим сплошной дугой часть сферы этого радиуса. Точки внутри нее в заштрихованной области мы принципиально видеть могли бы. Однако свет, излучаемый там, сильно поглощается. Происходит это потому, что при малых космологических временах плотность и температура вещества велики — оно находится в состоянии плазмы и непрозрачно для света. Рекомбинация космической плазмы, т.е. соединение электронов с ионами в нейтральные атомы, произошла, когда температура Вселенной была

равна примерно 3000 К. Момент рекомбинации t_1 отстоял от начала расширения всего на 1–1,5 миллиона лет. Тогда вещество Вселенной из черного, сильно поглощающего свет, и стало прозрачным. Моменту рекомбинации соответствует сфера радиуса $c(t_0 - t_1)$, изображенная на рис. 5.3 пунктиром. Излучение этой поверхности и воспринимается радиотелескопом. Но почему же мы не видим добела, до трех тысяч градусов раскаленный небосвод, а регистрируем температуру, в тысячу раз меньшую?

Если Вселенная расширяется, то поверхность рекомбинации относительно недалеко от предельной сферы радиуса ct_0 . Поэтому она удаляется от нас со скоростью, очень близкой к скорости света. Вы знаете об эффекте Доплера: если источник волн движется относительно приемника излучения, то принимаемая частота отличается от испущенной. Вселенная расширяется — поэтому мы воспринимаем излучение убегающих галактик смещенным в красную сторону, к более длинным волнам. Поверхность же, излучающая реликтовый свет, удаляется очень быстро, со скоростью, лишь на тысячную долю меньшей скорости света. Поэтому все частоты теплового при 3000 К излучения этой поверхности уменьшаются в тысячу раз. Во столько же раз уменьшается и наблюдаемая температура, поэтому радиотелескопы и «видят» излучение при 3 К.

Трудность в понимании строения Вселенной состоит в осознании равноправия всех ее точек: Вселенная однородна. Можно прийти к ошибочному выводу, что мы находимся в центре мира. Предельная сфера радиуса ct_0 , однако, отнюдь не является границей Вселенной — это только расширяющаяся сфера нашей информации о мире.

В 1979 году был поставлен эксперимент. Он показал, что температура теплового излучения оказывается на 0,1% выше, если радиотелескоп направлен к созвездию Льва и на столько же ниже, если он направлен к созвездию Водолея. Вывод: Солнечная система движется со скоростью около 400 км/с относительно системы координат, в которой температура реликтового излучения Вселенной изотропна. Эта скорость называется абсолютной скоростью Солнца.

Случайным образом оказалось, что вектор абсолютной скорости Солнца лежит практически в плоскости земной орбиты. Поэтому зимой орбитальная скорость Земли прибавляется к абсолютной ско-

рости Солнца, а летом вычитается из нее. Следовательно, абсолютные скорости Земли летом и зимой должны отличаться на 60 км/с, а температуры реликтового излучения в направлении к созвездиям Льва и Водолея должны отличаться на 0,54 мК. Сравнение измерений декабря 1980 года и июля 1981 года показало различие температур реликтового излучения, достаточно близкое к теории. Тем самым измерены не только абсолютная скорость Земли, но и ее годичные изменения.

Поскольку известна галактическая орбита Солнца, можно найти и скорость абсолютного движения Галактики. Абсолютная скорость Галактики оказывается равной примерно 600 км/с [115, с.23].

Примерно такую же величину, около 600 км/с, составляют случайные отклонения скоростей галактик от закона Хаббла. Поэтому существование абсолютной скорости нашей Галактики не противоречит однородности и изотропии Вселенной, которые справедливы только в сверхгалактических масштабах. Тепловое же излучение Вселенной с учетом нашего дрейфа относительно него изотропно с высокой точностью — отклонения от изотропии лежат в пределах точности эксперимента.

Зная абсолютную скорость Галактики $V_{\text{абс гал}}$, мы можем принципиально указать точку в современной Вселенной, откуда прилетела наша Галактика, точку, где находилось вещество Галактики в момент Большого взрыва. Направление на нее находится где-то в созвездии Пегаса (конечно, только направление, а не сами звезды созвездия). Расстояние до этой точки примерно равно $t_0 V_{\text{абс гал}} \approx 12 \cdot 10^{24}$. Тем не менее предполагать, что именно там место нахождения эпицентра Большого взрыва, бессмысленно. Таким образом, во Вселенной нет естественного начала отсчета.

ГЛАВА 6

ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ

6.1. Пространство, время и различие между ними

Начиная с Аристотеля, утверждается независимое существование мира и природы как настоящей реальности. Реальный мир служит источником идей, рождающихся в сознании человека. В идеях и понятиях отражаются конкретные знания людей о мире.

По Платону же — творец придумал время. «Он задумал сотворить некоторое движущееся подобие вечности, пребывающей в едином; вечный же образ, движущийся от числа к числу, который мы назовем временем».

Проблемы времени в философии науки исследовались значительно меньше, чем проблемы пространства. Время обычно рассматривалось как некая упорядочивающая схема, подобная пространству, но проще его, так как имеет лишь одно измерение. Некоторые философы полагали, что философское разъяснение проблемы пространства будет способствовать также решению проблемы времени. Кант представлял пространство и время как аналогичные формы созерцания и рассмотрел их в одной главе своего главного труда по теории познания.

По мнению Г. Рейхенбаха, время не связано с проблемами, аналогичными проблемам неевклидовой геометрии. В одномерной схеме не существует различия между прямолинейностью и кривизной. Любая кривая линия всегда может быть «выпрямлена» без каких бы то ни было деформаций ее элементов. Поэтому с помощью внутренних измерений невозможно определить, является ли одномерный континуум прямым или искривленным. Любая линия может

иметь внешнюю кривизну, но не обладать внутренней, поскольку возможность кривизны существует лишь для континуумов двух и большего числа измерений. Таким образом, одномерность времени исключает все проблемы, которые предлагает философский анализ проблем пространства [117, с.129–130].

Параллелизм в трактовках проблем пространства и времени имел тот существенный изъян, что определял только те факторы, которые имеют отношение к времени, а не свойства самого времени. А между тем эти свойства обнаруживают себя в том, что временной порядок возможен в такой области, которая не имеет никакого пространственного порядка, а именно в сфере психического опыта человека. В самом деле, в нашей повседневной жизни мы не ощущаем пространство столь непосредственно, как мы чувствуем течение времени. Переживание времени связано с переживанием нашего собственного «я», с переживанием собственного существования. «Я существую» значит «я существую сейчас», однако существую в некоем «вечном теперь» и чувствую себя тождественным самому себе в неуловимом потоке времени [117, с.130].

Это положение Г. Рейхенбаха вызывает возражения по непосредственному ощущению времени и пространства. Прежде всего, непосредственность ощущения пространства определяется обыденностью его восприятия. Здесь нет необходимости в привлечении дополнительных сведений из геометрии или математики. Непосредственность ощущения течения времени связывается с неуловимым потоком времени, хотя на самом деле не выявлена сущность времени и процесс его восприятия. Ю.Б. Молчановым введено выражение «порядок времени» как естественнонаучная проблема, подобная проблеме пространственного порядка.

Анализ естественных наук — единственный путь к решению основных проблем эпистемологии. Поэтому прежде всего нам следует изучать проблемы, связанные с параллелизмом пространственного и временного порядков, и показать, что изменения в философском анализе геометрии влекут за собой изменения и в анализе временного порядка. Во-первых, для временных интервалов, так же как и для пространственных расстояний, существует проблема конгруэнтности. Параллелизм проявляется еще более четко, если пространство и время объединены в четырехмерное многообразие. В рамках этого многообразия эпистемологические

проблемы проявляются в том же виде, в каком мы сталкивались с ними в трехмерном многообразии пространства.

Несмотря на то что концепция пространства и времени как четырехмерного многообразия оказалась весьма плодотворной для математической физики, ее эффект в области теории познания свелся к тому, что она лишь запугала проблему. Называя время четвертым измерением, мы придаем ему характер таинственности. Создается впечатление, что время может пониматься как один из видов пространства и тщетно пытаться добавить визуально к трем измерениям пространства четвертое. Очень важно предостеречь от такой ошибочной трактовки математических понятий. Добавляя к пространству в качестве четвертого измерения время, мы ни в коей мере не лишаем его специфичности именно как времени. Соединяя пространство и время в четырехмерном многообразии, мы только выражаем тот факт, что для определения того или иного мирового события нужны четыре числа, а именно три числа для пространственного измерения и одно для временного. Такое упорядочение элементов, каждый из которых задается четырьмя условиями (координатами), всегда может быть математически понято как четырехмерное многообразие [117, с.130–131].

Те свойства времени, которые были установлены теорией относительности, никак не связаны с пониманием времени как четвертого измерения. Такая трактовка уже имела место в классической физике и применялась достаточно часто. Однако теория относительности дала новое понимание четырехмерного многообразия. Законы, которым оно подчиняется, отличаются от законов классической теории. Они были выведены на основании того же самого анализа, который применялся к трехмерному пространственному многообразию. Этот анализ позволил осознать произвольный характер координативных дефиниций даже в применении ко времени и привел к появлению некоторых новых и довольно странных на первый взгляд идей.

Согласно Минковскому, специфика временного измерения состоит в том, что в фундаментальную метрическую формулу время входит со знаком «минус». Специфика времени проявляется даже в анализе, не учитывающем субъективного ощущения времени.

По мнению Г. Рейхенбаха параллелизм пространства и времени не существует объективно и что в естественных науках время является более фундаментальным понятием, чем пространство, поскольку то-

пологические и метрические свойства пространства могут быть полностью сведены к временным. И, наконец, пространственно-временной порядок является прототипом и схемой причинной связи [117, с. 133].

В связи с развитием теоретических концепций времени следует выделять субъективное восприятие времени и физическое время, релятивистское понятие времени представляет восприятие времени в новом свете.

6.2. Измерение времени

Решение проблем физической геометрии основано на идее координативной дефиниции. Первая координативная дефиниция относится к единице длины, вторая — к конгруэнтности. Вопрос о том, равны ли два удаленных друг от друга линейных отрезка, есть вопрос не познания, а определения; и это определение, в конечном счете, сводится к соотношению некоторого физического объекта и единицы измерения. Мы увидели, что без координативной дефиниции проблема физической геометрии осталась бы неразрешимой и что сравнивать удаленные друг от друга линейные отрезки, не имея координативной дефиниции конгруэнтности, не просто технически, а логически невозможно. Определение конгруэнтности посредством жестких тел оказалось наиболее полезным, поскольку известно, что это определение не зависит от выбранного пути, по которому перемещается данное жесткое тело.

Подобные же соображения могут быть перенесены на проблему времени. То, что нам нужно определить единицу времени, настолько очевидно, что мы только упомянем первую координативную дефиницию. Однако сравнение по длине существует и для времени. Прежде чем перейти к эпистемологическому исследованию, рассмотрим, какие интервалы времени физики считают равными по длине. Вращение Земли — один из основных примеров такого рода. Предполагается, что временные интервалы, необходимые для одного полного обращения Земли вокруг своей оси, одинаковы. Для дополнительного деления таких временных интервалов мы используем другой метод, а именно метод измерения углов. Мы принимаем временные интервалы за равные, если они соответствуют

равным углам вращения Земли. С помощью сочетания этих двух методов мы получаем меру времени, и течение времени, которое получено с помощью таких методов, называется равномерным. Поэтому проблема конгруэнтности временных интервалов приводит к проблеме равномерности времени.

В описанном измерении времени используются два совершенно различных метода. Мы считаем, что обороты Земли имеют равную длительность, поскольку они относятся к периодам одного и того же типа. Утверждая, что периоды колебаний маятника равны по длительности, мы используем тот же принцип. Подсчет периодов маятника является первым и наиболее естественным методом измерения времени. Второй метод состоит в подразделении длительности суточного периода посредством углов вращения Земли. В этом случае равное время измеряется с помощью равных пространственных величин. Такое сведение временных измерений к пространственным имеет место также в инерциальном движении. Закон инерции гласит, что если на свободно движущееся тело не действуют силы, то оно будет проходить равные расстояния за равные промежутки времени. Таким образом, мы используем это движение как меру равномерности и определяем как равные времена прохождения телом равных расстояний. И, наконец, еще один пример такого рода измерения — метод, опирающийся на положение о том, что свет проходит равные расстояния за равные отрезки времени. Следовательно, существуют два основных метода измерения времени: один состоит в подсчете периодических процессов, а другой — в измерении пространственных расстояний, соответствующих определенным непериодическим процессам.

Высказывалось мнение, что никаких реальных измерений времени не существует и что все измерения времени должны сводиться к измерениям пространства. Это неверно. Такое сведение применимо только ко второму типу измерения времени, поскольку первый метод не имеет отношения к измерениям пространства. Подсчитывая периодические события, например тиканье часов, мы пользуемся чисто временной шкалой. Последовательность звуков, которую мы слышим, называется временным интервалом. Они считаются равными на том основании, что каждый звук — это период, за который качающийся маятник достигает своего первоначально го положения. Как он движется в пределах этих периодов, не имеет

значения. И хотя известно, что движение маятника далеко от равномерного, мы принимаем интервалы полных периодов за равные. Когда система возвращается в ее первоначальное положение, период закончен. Никакой необходимости в пространственном измерении нет. Это измерение времени основывается, таким образом, на повторении одного и того же состояния. Наиболее наглядным примером такого измерения являются часы [117, с.134–135].

Исчерпывающие сведения о времени и его измерении изложены Ф.С. Завельским [118].

Строго говоря, два метода измерения времени, рассматриваемых Г. Рейхенбахом, не совсем объективны, так как из них не следует никакого течения времени. Поэтому и возникло мнение, что никаких реальных измерений времени не существует, отсюда же возникают различные концепции времени. Но для времени, как и для пространства, должно существовать начало отсчета времени. С появлением начала отсчета времени появится целостная система отсчета пространства-времени, объясняющая постоянство скорости света и гравитацию. И только в целостной системе будут время и его измерение реальны в силу относительности подсчета периодических процессов и измерения пространственных расстояний.

Как отмечает Г. Рейхенбах, в особых случаях определенный период может быть равномерным, как, например, в случае вращения Земли. Согласно второму методу, мы достигаем дополнительного деления за счет того, что измеряем угловой путь вращения Земли относительно неподвижных звезд. Это дополнительное разделение измерения времени требует особых пространственных измерений, а именно измерений угловых расстояний, что существенно отличается от наглядного использования угловых измерений в часах.

Для измерения равных промежутков времени требуются механизмы, обладающие четкой периодичностью. На самом деле, мы никогда не измеряем «чистое время», но всегда процессы, которые могут быть периодическими, как в часах, или непериодическими, как в случае свободного движения точечной массы. Каждый промежуток времени связан с каким-либо процессом, ибо в противном случае он не был бы воспринят вообще. Поэтому измерение времени основывается на некоем предположении о принципе работы механизма.

Как можно проверить это предположение? Ответ только один — проверить его невозможно. Точно так же, как нет возможности

сравнить два измерительных стержня без наложения их друг на друга, нельзя сравнить два следующих друг за другом периода времени. Мы не можем вернуть прошедший временной интервал и совместить его с более ранним [117, с.135–136].

Считается, что на двух расположенных близко друг от друга часах можно установить равные периоды, которые всегда будут сохраняться. В подобных примерах всегда отсутствует система, в которой измеряется время. «Равенство последовательных интервалов времени есть вопрос не познания, а определения» [117, с.136].

Физики ввели особое определение, обладающее специальными свойствами. Для определения равномерности времени применяются три независимых метода:

1. Определение с помощью естественных часов.
2. Определение с помощью законов механики (сюда входит не только определение с помощью инерциального движения, но и определения, основанные на вращении Земли и движении маятника).
3. Определение, использующее распространение света (световые часы).

Все три определения приводят к одной и той же мере течения времени. Поскольку этот факт касается всех трех определений, ход часов является столь же естественной мерой времени, как и жесткий измерительный стержень является естественной мерой для измерений в пространстве.

Течение времени определяют процессы природы. Однако использование часов в качестве определения равномерности не является эпистемологической необходимостью. С точки зрения теории познания, любое определение, дающее согласованное и непротиворечивое описание природы, приемлемо. Исходя из соображений практики, определение времени с помощью часов предпочтительно в том отношении, что оно существенно упрощает описание природы. Но простота и истина, как известно, не одно и то же, ибо простота в данном случае носит чисто описательный, дескриптивный характер.

В то же время мы утверждаем, что течение времени такого рода существует и что, следовательно, все периодические процессы, более того, все инерциальные движения и распространение света дают ту же меру времени. Это утверждение не следует считать априорным, оно — результат опыта.

Астрономы имеют достаточно оснований, чтобы попытаться установить равномерное время, независящее от флюктуаций движения Земли, которые возникают в результате ее собственного вращения, колебаний ее оси, обращения вокруг Солнца и влияния Луны. Отсюда следует, что координативная дефиниция равномерности не столь легко достижима, как схематическое ее изображение.

Г. Рейхенбах вводит различие между универсальными и дифференциальными силами. Универсальные силы оказывают одинаковое воздействие на все вещества, в то время как дифференциальные — различное. Это различие мы используем для нашего определения часов, которые выше были охарактеризованы как замкнутая периодическая система. Однако понятие замкнутой системы не определено до тех пор, пока допускаются универсальные силы. Если рассматривать период вращения Земли как переменный (к примеру, начав с произвольной точки, назвать второе обращение в два раза длилительнее первого, третье — в три раза), то это определение стало бы заметным в уравнениях физики благодаря появлению силы, которая вводилась бы с помощью этого определения. «Эффект» воздействия этой силы проявился бы в постоянном возрастании периода вращения Земли. Мы обнаружили бы, что эта сила одинаковым образом замедляет ход всех часов и движение всех других свободно движущихся тел, иначе говоря, что она обладает всеми свойствами универсальной силы. Теперь приравняем эту силу нулю, согласно определению, т.е. определим замкнутую систему как свободную от дифференциальных сил, пренебрегая при этом универсальными силами. Наше определение, таким образом, обозначает нулевую точку, от которой начинается измерение сил. Без такой нулевой точки величина силы осталась бы неопределенной, поскольку сила в некотором роде считается причиной изменения, а изменения пространственных и временных интервалов могут быть определены только при условии, если известна координативная дефиниция конгруэнтности. Определение конгруэнтности временных интервалов, таким образом, связано с проблемой силового поля. Это определение конгруэнтности для сравнения времени составляет основу для измерения силы, и наоборот, определение конгруэнтности может быть сформулировано в правилах для измерения силы.

Напомним еще об одной трудности, связанной с любым определением замкнутой системы. Построить систему, совершенно свободную от действия внешних дифференциальных сил, возможно лишь с определенной степенью приближения. Следовательно, понятие замкнутости существует лишь «до некоторой степени приближения», которая зависит от отношения между внешними и внутренними силами системы. В некотором поле внешних (дифференциальных) сил одна система может быть относительно хорошо замкнута, другая — относительно плохо. Более того, одна и та же система иногда может быть относительно хорошо замкнута, а иногда — относительно плохо, в зависимости от внешнего (дифференциального) поля [117, с.138–139].

Обратим внимание, что основным типом часов, используемых в практике измерения времени, является вращающаяся Земля.

С другой стороны, атом мог бы быть часами, период которых устанавливается обращением электрона. Эти часы являются замкнутыми в высшей степени, так как внешние силы, действующие на атом, очень слабы в сравнении с его внутренними силами. Атом мог бы быть идеальными часами, если бы не результаты квантовой теории. Мы никогда не сможем наблюдать за атомными часами, как наблюдаем за другими видами часов; мы можем только измерять частоту испускаемого излучения. Согласно классической теории, частота может быть непосредственной мерой периода обращения электрона, которое, таким образом, можно наблюдать непосредственно.

Бор показал, что атом излучает свет совершенно другим способом. Обращающийся электрон вообще не излучает света, следовательно, о периоде его обращения мы ничего не знаем. Свет излучается лишь тогда, когда электрон перескакивает с одной орбиты на другую, поэтому условия периодических систем не удовлетворяются [117, с.143].

Тем не менее появляется возможность экспериментально установить, насколько атомные часы удовлетворяют релятивистским законам, имеющим отношение к часам, и непосредственно определить, можно ли, с точки зрения теории относительности, рассматривать атомные часы как измеритель времени.

6.3. Одновременность

Установив единицу времени как первую метрическую координативную дефиницию времени, можно перейти к проблеме равномерности, второй метрической координативной дефиниции времени, связанной с конгруэнтностью последовательных интервалов времени. Однако существует второй тип сравнения времени, который касается параллельных временных интервалов, относящихся к различным точкам пространства, а не последовательных временных интервалов в одной и той же его точке. Сравнение таких временных интервалов и составляет проблему одновременности и, следовательно, приводит к третьей метрической координативной дефиниции времени.

О том, что равномерность есть вопрос определения, говорил уже Э. Мах [119], однако мысль о том, что отношение одновременности также имеет характер определения, была впервые осознана Эйнштейном и с тех пор стала известна как относительность времени. Так как открытие Эйнштейна почти сразу же было отнесено к теоретической физике, эпистемологическое значение его открытия никогда явным образом не осознавалось отличным от физических результатов.

Г. Рейхенбах различает одновременность в одном и том же месте и одновременность пространственно разделенных событий. Последняя и составляет реальную проблему одновременности. Что же касается первой, то она, строго говоря, является не одновременностью временных точек, а некоторым тождеством. Стечение событий в одном и том же месте и в одно и то же время называется совпадением. При строгом совпадении пространство или время не сравниваются, поскольку положение и время идентичны для обоих событий.

Однако на практике идентичность такого рода не встречается, так как мы попросту не смогли бы различить два события. Но приблизительное совпадение имеет место, примером чему могут служить два сталкивающихся шара или два перекрещивающихся световых луча. В случае грубо приближенного совпадения одновременность не играет существенной роли, так как различие удаленных во времени событий с событиями смежными здесь столь незначительно, что его можно игнорировать. Поэтому проблему

сравнения смежных событий можно свести к проблеме совпадения и ограничиться сравнением удаленных событий [117, с. 144].

Временное сравнение удаленных событий возможно только потому, что сигнал, посланный из одного места в другое, представляет собой причинную цепь. Этот процесс ведет к совпадению, т.е. к сравнению смежных событий. Из полученного таким образом измерения времени мы можем установить время удаленного события только с помощью вывода. И вопрос опять возвращается к определению скорости.

Существует только один метод, который схематически изображается следующим образом. Сигнал выходит из точки P_1 в момент времени t_1 и достигает точки P_2 , в момент t_2 скорость его задается отношением расстояния $P_2 - P_1$ к интервалу времени $t_2 - t_1$. Следовательно, требуется два временных измерения, которые должны быть произведены в различных местах. Мы можем считать их заданными двумя часами, расположенными в точках P_1 и P_2 . Однако чтобы установление временного интервала $t_2 - t_1$ имело смысл, эти двое часов должны быть предварительно синхронизированы, т.е. нужно установить, занимают ли их стрелки одно и то же положение в одно и то же время. Таким образом, чтобы измерить скорость, должна быть уже известна одновременность удаленных событий [117, с.145].

В этом примере Г. Рейхенбаха демонстрируется то обстоятельство, что измерение любой скорости в одном направлении предполагает знание одновременности событий.

Таким образом, для того чтобы установить одновременность удаленных событий, нужно знать скорость, а для того чтобы измерить скорость, требуется знание одновременности удаленных событий.

Отсюда следует, что одновременность есть вопрос не познания, но координативной дефиниции, и что установление одновременности в принципе невозможно.

Одновременность также имеет свою специфику, выраженную в ее двойственности, которая наиболее четко прослеживается при определении единицы длины. Единицу длины можно определить концептуально: это расстояние, с которым сравниваются другие расстояния. В качестве единицы измерений может быть задано только какое-то реальное расстояние. То же касается и одновременности. Концеп-

туально «одновременность» можно определить следующим образом: два события, происшедших на расстоянии друг от друга, считаются одновременными, если время, зафиксированное на месте их свершения, будет одним и тем же. От какого конкретного момента будет происходить отсчет времени для обоих событий, в конечном счете определяется лишь путем ссылки на реальные события [117, с. 148].

Определение одновременности, как правило, производится не на основе фиксирования произвольных событий, а с помощью свойств световых явлений, т.е. физических процессов. Таким образом, непосредственную ссылку можно заменить описанием экспериментов, которые легко повторить, поскольку хорошо известно, что подразумевается под «светом» и такого рода экспериментами. Определение одновременности с помощью световых сигналов, например определение Эйнштейна, нельзя сравнивать с определением метра через эталонный парижский метр: скорее оно сравнимо с определением метра через длину экватора Земли. В таком определении физический феномен — длина экватора земного шара соответствует физическому феномену света в определении одновременности, точно так же как правило «пересчитать 40 миллионов раз» соответствует правилу «послать световой сигнал из точки *A* в точку *B* и обратно и представить время прибытия сигнала в точку *B* как среднее от двух временных значений в точке *A*». Такое правило не изменяет природы координативной дефиниции, поскольку содержание таких феноменов, так «свет» и «длина окружности земного шара», может быть в конечном счете установлено только с помощью непосредственной ссылки. По мнению Г. Рейхенбаха концептуализация координативной дефиниции одновременности может оказаться бессмысленной. Определять одновременность как равенство временных значений на параллельных временных шкалах есть не что иное, как тавтология. Но, с другой стороны, все концептуальные определения тавтологичны в том смысле, что имеют дело исключительно с аналитическими отношениями. Любое понятие связано с рядом других понятий и определяется только на их основе. Концептуальное определение единицы длины также тавтологично. И тем не менее стремление найти другой вид концептуального определения одновременности имеет некоторое оправдание. Говоря об одновре-

менности, имеется в виду введение правила, которое бы ограничивало установление шкал для параллельных течений времени [117, с. 149].

Выход видится в причинной теории времени.

6.3.1. Абсолютная одновременность

Итак, одновременность носит произвольный характер. Возражения тех, кто с этим не согласен, сводятся к попыткам остановить абсолютную одновременность. Прежде всего, это использование скоростей, превышающих скорость света.

В результате сокращается интервал времени, и определение одновременности становится менее произвольным. Если бы существовал сигнал, обладающий бесконечной скоростью, то этот интервал был бы равен нулю и абсолютная одновременность была бы возможна. Даже если бесконечная скорость недостижима, с помощью соответствующих высоких скоростей мы могли бы по нашему желанию сделать неточность крайне незначительной. Такого приближения вполне достаточно, чтобы определить абсолютную одновременность как предел. В самом деле, если достигнуть произвольно высоких скоростей, то можно достичь и абсолютной одновременности.

Следует отметить, что данное возражение лишено смысла, поскольку сигналов, которые передвигались бы со скоростями, превышающими скорость света, не существует. Мы не говорим, что физика еще не открыла более высокие скорости, но утверждаем, что таких высоких скоростей не бывает [117, с. 149].

Очередная возможность установления абсолютной одновременности сделана через «абсолютную транспортировку времени», точнее — через транспортировку часов.

Двое часов, находящихся рядом, синхронизируются (т.е. их стрелки занимают одинаковое положение в одно и то же время), затем одни из часов передвигаются. Таким образом, на расстоянии от одних часов имеются другие, синхронизированные с первыми, т.е. синхронизация при помощи транспортировки.

При этом должна быть уверенность в том, что транспортировка часов приводит к одновременности без дополнительных условий и часы идут одинаково в любых точках пространства. Теория относительности отрицает такую возможность.

Если релятивистская физика ошибается и ход часов не зависит от пути и скорости их транспортировки, все равно такой тип сравнения времени не может изменить наших эпистемологических результатов, поскольку транспортировка опять не доказывает ничего, кроме определения одновременности. Даже если при повторном сближении часов их показания совпадают, откуда нам известно, изменяли они свои показания в течение транспортировки или нет? Этот вопрос так же неразрешим, как и вопрос о сравнении длины жестких стержней. И решить его можно опять только в том случае, если рассматривать сравнения времени как определение. Если и существует уникальная синхронизация с помощью транспортировки часов, то это все еще только определение одновременности [117, с. 153–154].

Абсолютная транспортировка времени, определенная уникальным образом, не даст ничего иного, кроме определения одновременности в том же самом смысле, что и определение конгруэнтности посредством стержней. Однако теория относительности утверждает, что здесь имеется существенное отличие. В то время как конгруэнтность стержней не зависит от пути транспортировки, конгруэнтность часов зависит. В силу этого теория относительности исключает транспортировку времени как физический факт.

В итоге временная метрика зависит от трех координативных дефиниций. Первая имеет дело с единицей времени и определяет числовую величину временного интервала. Вторая касается равномерности и относится к сравнению последовательных интервалов времени. Третья связана с одновременностью и сравнением интервалов времени, которые параллельны друг другу и протекают в различных точках пространства. Эти три определения делают возможным измерение времени. Без них проблема измерения времени будет логически неопределенной.

Не существует ни абсолютной одновременности, ни абсолютной равномерности, если мы под словом «абсолютный» понимаем свойство данного времени быть единственно истинным. Однако не исключено, что физические механизмы или система физических законов в целом выделяют одно из определений как наиболее простое. В этом смысле может существовать абсолютное время. Мы знаем из опыта, например, что определение равномерности при помощи часов или закона инерции выделяется из других определений своей

простотой. Этот факт утверждается специальной теорией относительности и исчезает только в более общих гравитационных полях. Среди определений одновременности наиболее простыми могут оказаться и такие, которые основаны на бесконечной скорости или транспортировке часов. Являются они таковыми или нет — вопрос опыта, однако обе возможности специальная теория относительности отвергает. Следовательно, эта теория сыграла важную роль в осознании того, что одновременность имеет характер определения [117, с.155].

Топологическое определение времени имеет дело с временным порядком в одной и той же точке.

По отношению к двум событиям, которые достаточно разделены во времени, наблюдатель обладает непосредственным ощущением временного порядка и использует это ощущение в качестве основы для упорядочения событий.

Следует отметить, что использование субъективных чувств для установления порядка внешних событий в принципе невозможно. Внешние события связаны причинными отношениями. Если событие E_2 является следствием события E_1 , то считается, что E_2 произошло позже, чем E_1 . Это и есть топологическая координативная дефиниция временного порядка [117, с.156].

Из двух причинно-связанных событий следствием является то, которое произошло позднее.

6.4. Принцип материальности в понимании пространства и времени

Научное понимание сущности пространства и времени непосредственно связано с принципом материальности, что нашло отражение в афористически четком выводе В.И. Ленина: «В мире нет ничего, кроме движущейся материи, и движущаяся материя не может двигаться иначе, как в пространстве и во времени». Данная формула раскрывает объективные корни реальной пространственности и временности и позволяет установить, каким образом различные их аспекты преломляются в научных понятиях. Первым и главным свойством пространства и времени, вытекающим из ленинской формулировки, является их материальность, производ-

ность от движения материи. «Движение есть сущность времени и пространства, а не наоборот».

Принцип материальности направляет познание и на точное установление тех объективных отношений, в которых проявляются пространственно-временные свойства материальных вещей и процессов. В свою очередь, принцип конкретности истины настраивает познание на выявление не «отношений вообще», а особенностей, присущих как внешним, так и внутренним отношениям. В том, что поставленный вопрос далеко не праздный, можно убедиться, взглянув под этим углом зрения на некоторые подходы к пониманию пространства и времени, в которых в качестве основы определения пространства и времени (а также последующих толкований) берутся не материал и движение, а некоторые недифференцированные отношения, выражающие координацию сосуществующих объектов и сменяющих друг друга состояний. Разумеется, реальная пространственность и временность в такого рода отношениях проявляются, однако ни в коей мере к ним не сводятся.

Прежде чем сосуществовать (относиться), нужно существовать. Именно поэтому пространство и время, в первую очередь, и выступают как формы существования материальных вещей и процессов. Это значит: все, что существует, — любой природный или социальный объект, система, процесс — имеет определенные границы такого объективно-реального существования — протяженность в пространстве и длительность во времени. Любое отдельно взятое материальное образование или его отдельный фрагмент ограничены в пространстве, имели начало и будут иметь конец во времени: рождаются и аннигилируют элементарные частицы, складываются и распадаются атомные и молекулярные системы, возникают и исчезают галактики, звезды, планеты, сменяются поколения людей, животных, растений и т.д.

Но разрушение отдельного природного тела или смерть живого существа не останавливает движение, не уничтожает материи. На месте исчезнувших объектов и образований появляются новые. Этот процесс непрерывного обновления и развития длится вечно. Точно так же является неограниченной и бесконечной пространственная протяженность материального мира, взятого во всем богатстве существующих в нем вещей, процессов и явлений.

Как существование конкретных материальных вещей и процессов, так и многообразные внешние и внутренние отношения, в которых они могут находиться, имеют конечную длительность. Она сохраняется в жизни элементарных частиц, во флюктуациях физического вакуума, в постоянных переходах от одной формы движения материи к другой. Данный процесс непрерывного движения материи также длится, но он длится вечно.

Эта объективно-реальная длительность материальных объектов и получает отображение в понятии время. Точно так же в понятии «пространство» находит отражение объективно-реальная протяженность, присущая всем без исключения материальным вещам и процессам. К категориям пространства и времени полностью относится вывод Ф. Энгельса, касающийся материй и движения: «...такие слова, как «материя» и «движение», суть не более, как сокращения, в которых мы охватываем, сообразно их общим свойствам, множество различных чувственно воспринимаемых вещей» [120, с.550]. Диалектический материализм не разрывает и различные аспекты проявления пространственности и временности, как и не противопоставляет сами пространство и время, рассматривая их в неразрывном единстве не просто друг с другом, но и с движущейся материей.

Ф. Энгельс выделял слова Гегеля о том, что сущность движения «заключается в непосредственном единстве пространства и времени» [121, с.560]. Отсюда следует, что задачей научного познания является установление объективных связей между реальными пространственно-временными свойствами и различными способами их отображения, а также в установлении сущности того, что и как отображает развивающееся научное познание в материальной действительности.

Нельзя обойти вопрос о связи мышления с пространственностью и временностью. Протяженность и длительность присущи лишь материальным явлениям. Поскольку мысль нематериальна, постольку сама по себе она не обладает пространственностью и временностью, но способна их отображать.

Всякое событие ограничено определенными пространственно-временными параметрами. Так, любое событие длится ровно столько, сколько находятся в определенном отношении материальные вещи, процессы или существа. Длительность самого события — это результат соотношения длительностей, связанных с существо-

ванием материальных объектов, т.е. выделение какой-то конкретной длительности на фоне или в системе других. Длительность и протяженность существования неотделимы от самого существования, но для того чтобы выявить более определенные пространственно-временные характеристики, реальные вещи и процессы необходимо сравнивать, сопоставлять между собой, брать их в конкретных отношениях. Именно таковы присущие им объективные закономерности, которые проявляются, в частности, и в пространственно-временных отношениях. «Мы не можем определить время события иначе, как отнеся его к какому-нибудь другому событию, — писал английский физик Д.К. Максвелл, — и не можем описать место тела иначе, как отнеся его к какому-нибудь другому телу. Все наше знание как о времени, так и о пространстве по существу относительно» [122, с.122]. Это прозвучало за тридцать два года до появления первой работы по теории относительности.

В.Н. Демин обращает внимание на то, что Ньютон приписал представление об относительности пространства и времени обыденному сознанию. В современной литературе внимание нередко акцентируется лишь на ньютоновском положении об абсолютности пространства и времени — без объяснений, почему именно она оказалась на переднем плане в «Математических началах натуральной философии» и системе классической физики в целом [123, с.125]. Между тем Ньютон совершенно четко и недвусмысленно связывал относительное пространство и время с материально (вещественно) данными и чувственно воспринимаемыми протяженностью и длительностью, что достаточно хорошо видно из его трактовки относительного времени: «Относительное, кажущееся или обыденное время есть или точная, или изменчивая, постигаемая чувствами, внешняя, совершаемая при посредстве какого-либо движения мера продолжительности, употребляемая в обыденной жизни вместо истинного математического времени, как-то: час, день, месяц, год» [124, с. 30].

Таким образом, абсолютное по Ньютону — это, прежде всего, абстрактно-математическое, а относительное — чувственно-реальное.

Современная физика отказалась от ньютоновской системы и избрала новую: в специальной теории относительности, например, в этой роли выступает универсальная световая константа. Вместе с тем ньютоновский подход послужил известным толчком для

позднейшей традиции в разработке концептуальных моделей пространства и времени, с разных сторон и в различных аспектах описывающих реальную протяженность и длительность, но представляющих собой обычные абстракции, действительные материальные корни которых обнаруживаются только при сопоставлении с отображенной в них реальностью. В этом смысле материальность пространства выражается в том, что данные коренные формы бытия не существуют независимо от реальных вещей и процессов. «...Обе эти формы существования материи, — писал Ф. Энгельс, — без материи суть ничего, пустые представления, абстракции, существующие только в нашей голове» [125, с.550].

Главным источником непрерывного обогащения знаний о пространстве и времени является открытие новых природных явлений и познание их в непрерывной связи с известными фактами. Тем самым обнаруживаются новые, ранее неизвестные отношения, требующие либо отображения в новых понятиях, либо учета в старых (в результате традиционные понятия подвергаются уточнению, корректировке и дальнейшему развитию). Знание о существовании объекта констатирует его пространственно-временную определенность. Вместе с тем это — коренное, существенное знание, составляющее ядро развивающихся представлений о пространстве и времени. Что же касается познания многообразия пространственно-временных отношений, то оно является поистине неограниченным, поскольку охватывает и неисчерпаемые внешние отношения каждой вещи или системы с другими, и отношения внутри системы, и сложные комбинации различных отношений, находящих отображение в математических понятиях.

Вот почему в естественно-математических науках существуют различные, казалось бы, совершенно несходные, понятия пространства и подходы к определению времени. Однако сколько бы ни было таких понятий и подходов, в конечном счете в них отображается одна и та же пространственно-временная реальность как неотъемлемый атрибут движущейся материи.

Анализируя пространственные представления физических явлений, объективных вещей или процессов, можно сказать: в каких бы математических понятиях они ни выражались и на языке какой бы геометрии ни описывались, на реальной протяженности материальных объектов это никак не отражается. Отсюда, в частности, следу-

ет, что вопрос: «В каком пространстве мы живем — евклидовом или неевклидовом?» — является не вполне корректным. Мир есть вечно движущаяся материя, конкретным проявлениям которой присуща реальная протяженность, а на языке какой именно геометрии она будет описана в каких понятиях выражена, зависит от степени развития общества и науки [126, с.129].

Наряду с понятиями пространства и времени обсуждается вопрос об их единстве, т.е. о едином пространстве-времени. Исходя из обычного опыта, неизвестны процессы, происходящие вне пространства и вне времени. В.И. Вернадский отмечал: «Бесспорно, что и время и пространство в природе отдельно не встречаются, они нераздельны. Мы не знаем ни одного явления, которое бы не занимало части пространства и части времени. Только для логического удобства представляем мы отдельно пространство и отдельно время, только так, как наш ум вообще привык поступать при разрешении какого-нибудь вопроса. В действительности ни пространства, ни времени в отдельности мы не знаем нигде, кроме нашего воображения. Что же это за части неразделимые — чего, очевидно, того, что только и существует, — это материя, которую мы разбиваем на две основные координаты: пространство и время» [127, с.49].

В настоящее время получила известное распространение гипотеза, согласно которой на определенном уровне микромира пространственность и временность исчезают и поэтому вполне допустимо говорить о «внепространственных» и «вневременных» формах существования материи. Поскольку до сих пор считалось, что внепространственной и вневременной формой существования обладает только мысль, постольку при критическом философском анализе вышеприведенной точки зрения неизбежно напрашивается вывод: за пределами, установленными современной теорией, противоположность между материей и мыслью растворяется.

Сторонники «внепространственных» и «вневременных» форм материи отождествляют пространство и время. С определенными пространственно-временными отношениями, хотя при этом совершенно правильно осознается различие между существованием и сосуществованием: «Если пространство и время понимать как такие формы существования материи, которые выступают как определенное выражение соответственно устойчивости и изменчивости ее

бытия, то, поскольку весь мир — движущаяся материя, пространство и время являются всеобщими формами бытия материи. Наряду с этим под пространством и временем часто (а в физике практически всегда) понимают формы, выражающие структурные соотношения сосуществования явлений и смены состояний» [128, с.176].

Рассматривая пространство и время в микромире, В.С. Барашенков допускает существование «внепространственных» и «вневременных» форм движения материи лишь условно, так как ни один из известных фактов не может служить доказательством их существования [129, с.191].

По мнению В.Н. Демина, сосуществование — понятие емкое, оно охватывает многообразие объективных отношений и синонимично понятию «отношение». Однако для того чтобы сосуществовать, необходимо сначала существовать. Отношения не бывает без того, что относится. Поэтому реальная пространственность и временность, характеризующая, прежде всего, существование материальных вещей и процессов, естественно, проявляется и в любых их соотношениях. Пространственность и временность существования является первичной по отношению к пространственности и временности сосуществования. Не бывает ни координации, ни расположения, ни «соседства», ни последовательности без отношения конкретных объектов, процессов, явлений, обладающих протяженностью и длительностью, благодаря которым и возникают многообразные пространственно-временные отношения.

Отсюда ясно, что получается, когда пространственность и временность природных явлений ограничивается какими-то внешними или внутренними отношениями. Если в ходе исследования от отношений приходится перейти к тем материальным элементам, которые данные отношения образуют, то, согласно условиям такого подхода, ограничивающего пространственность и временность отношениями, получается: раз нет отношений — значит исчезло и пространство и время.

Принцип материальности убеждает в том, что пространственность и временность неотделимы от самого существования материального мира и любых его проявлений. Поскольку протяженность и длительность неотделимы от бытия вещей, постольку они неотделимы друг от друга, так как присущи одним и тем же объектам. Вместе с тем было бы ошибкой представлять протяженность и

длительность в виде каких-то застывших абстрактных атрибутов. Все природные и социальные явления находятся в постоянном движении и развитии, что неизбежно проявляется в их пространственно-временной определенности. В указанном смысле длительность выступает внутренней границей самого движения или развития, соответствующей промежутку между возникновением и исчезновением конкретных вещей, систем, процессов, а также их связей и отношений. Протяженность выражает внешние границы существования материальных объектов, в пределах которых происходит их движение и развитие. Всеобщность и универсальность пространственности и временности в том и выражается, что нет в материальном мире вещей, событий, явлений, которые бы не длились или не имели определенных пространственных границ. А то, что не протяженно и не длится, попросту не существует.

Иногда выдвигаются и следующие аргументы. Категория пространства неприменима к явлениям микромира будто бы потому, что там нет места для таких традиционных понятий, как координата, траектория, расстояние. Однако все перечисленные понятия — результаты определенных пространственных отношений. Логика рассуждения остается прежней: если нельзя выявить пространственных соотношений (или их результатов), то, следовательно, на определенном уровне микромира нет никакого пространства вообще.

Конечно, можно понять трудности, с которыми сталкивается физика микромира: здесь много не выясненного до конца, нет общепринятой теории, объясняющей все многообразие микроявлений, их роль в эволюции Вселенной [130, с.137].

Как бы ни развивалось общество, какие бы революционные перевороты ни потрясли науку, они не могут изменить фундаментальных закономерностей, объективно присущих материальному миру; к их числу относится и пространственно-временная определенность любых процессов и явлений любой из сфер материальной действительности. Поэтому не имеет значения, когда будут открыты, например, закономерности взаимосвязи вакуума и макро- и мегамира. Принципиальное значение имеет другое: любые формы движения материи (все вместе или каждая в отдельности), любое конкретное материальное образование не могут существовать иначе, как в пространстве и во времени. Всюду, куда бы ни проникло

человеческое познание, движение материи выражается в возникновении конечных материальных вещей или образовании определенных систем и в их уничтожении или распаде. Исходный и завершающий моменты существования любого из конечных материальных объектов и служат реальными границами их объективной длительности: с возникновением вещи начинается длительность ее существования, с исчезновением вещи обрывается и конкретная длительность. Аналогичным образом обстоит дело и с протяженностью, пространственные границы которой обусловлены самим существованием вещи. В какие бы глубины природы ни проникала наука, главным объектом общественного познания всегда будет оставаться материальный мир во всем богатстве своих проявлений, существующий не иначе, как в пространстве и времени [131, с.134].

На протяжении всей истории науки философия сформулировала две основные концепции пространства и времени: реляционную и субстанциальную, но последняя, представлявшая пространство и время в виде самостоятельных субстанций, не выдержала испытания временем.

Реляционный подход акцентирует внимание главным образом на объективных пространственно-временных отношениях или на событийной стороне, абстрагируясь, как правило, от субстрата данных отношений и пространственно-временных характеристик, раскрывающих бытийную сторону. Диалектический же материализм рассматривает обе эти неотделимые друг от друга стороны в целостности и единстве [132, с.235]. Это нашло свое отображение в понятии «форма существования», где «существование» относится к бытийно-экзистенциальной стороне, а «форма» — к тем внутренним отношениям, в которых находится материальный субстрат и благодаря которым он может вступать во внешние отношения.

Согласно диалектико-материалистической концепции, форма представляет собой сущностное отношение [133, с.129]. Например, определенное отношение между помещающимися телами приводит к возникновению механической формы движения [134, с.67–68]. В понимании пространства и времени как форм существования материи понятие формы фиксирует именно релятивные (относительные) стороны протяженности и длительности вещей, явлений, систем, процессов и событий [135, с.133].

Кроме того, хорошо известно, что основоположники диалектического материализма постоянно указывали на реляционный аспект пространственно-временного существования материальных вещей, считая это самым собой разумеющимся фактом. Ф. Энгельс прямо утверждал, что «наша геометрия исходит из пространственных отношений» и что при математических обобщениях необходимо привлекать реальные отношения и пространственные формы [136, с.582].

К. Маркс так же отмечал, что пространственные измерения расстояний и длин возможны только с учетом отношений, в которых находятся реальные вещи [137, с.145]. Именно такого рода пространственно-временные отношения и являются главным объектом исследования математики, физики, космологии и других научных и прикладных дисциплин [138, с.140–141].

Абсолютизация реляционного аспекта пространственности и временности нередко принуждает отрицать универсальный характер протяженности и длительности, которые рассматриваются как устаревшее наследство метафизического материализма и рецидивы натурфилософии, не удовлетворяющие ни данным, ни запросам современной науки. Подобный нигилизм обуславливается прежде всего тем, что понятия протяженности и длительности пытаются вытеснить и заменить каким-либо видом (или видами) конкретных отношений, полагая, видимо, что в сфере отношений нет места ни протяженности, ни длительности. При этом полностью игнорируется тот очевидный факт, что любые материальные отношения — будь то координационные, субординационные или корреляционные, топологические или метрические, выражающие порядок или последовательность, интенсивность или экстенсивность, — имеют конечную длительность существования, а их протяженность имеет вполне определенные пространственные границы. В какие бы отношения ни вступали конкретные вещи или существа, какие бы системы и целостности при этом ни образовывались, длительность и протяженность их существования всегда имели, имеют и будут иметь начало и конец, а между ними вполне определенный промежуток [139, с. 141].

В галактиках, состоящих из миллиардов звезд, сумма временных и пространственных величин последних не совпадает с длительностью существования и размерами галактики. Аналогичные эффекты характерны и для областей микроявлений.

Философия, безусловно, не призвана объяснить, что представляет собой физическая реальность, описываемая, скажем, соотношением неопределенностей. Однако философия может в полном соответствии с непреложными фактами сказать: если микрочастицу не удастся пространственно локализовать в виде точечного объекта, то из этого вовсе не следует, что она не существует. А раз так, то в чем бы ни выразилось ее реальное бытие — в неотделимости от существования целостного квантового ансамбля или же в какой-то специфической «размытой» неопределенности, — существование подобного квантово-механического объекта (системы) все равно имеет конечную длительность и протяженность (не обязательно учитываемую конкретной физической формулой).

Попытка вытеснить из арсенала современной науки понятия протяженности и длительности связана еще и с тем, что пространственно-временные абстракции подчас начинают играть самодовлеющую роль по отношению к объективно реальным пространству и времени. Наиболее распространенный аргумент при этом следующий. Поскольку все новое, чем обогатилась знание о пространстве и времени за последние сто лет, внесено естественно-математическими науками, то не лучше ли попросту построить новую модель мироздания. Однако последнее слово науки лишь тогда может считаться подлинно научным словом, когда оно не перечеркивает позитивные достижения прошлого, а главное, не превращает любую новую абстракцию в фетиш, вместо того чтобы установить, какие новые связи и отношения отображает новая абстракция или новая комбинация давно знакомых абстракций. Конечно, подгонять действительность под готовые абстракции гораздо проще, чем отыскивать их материальные корни, но подобное занятие не имеет ничего общего с научностью.

В какой бы пышный математический наряд ни облачалось древо науки и на каком бы сверхабстрактнейшем языке ни пытались описать материальную действительность, истинным останется одно: «...наш «опыт» и наше познание все более приспособляется к объективному пространству и времени, правильное и глубже их отражая» [140, с.195].

Позиция философского материализма по вопросу о пространстве и времени позволяет, исходя из реальной протяженности и длительности, присущей всем без исключения объектам природ-

ной и социальной действительности, установить, каким именно образом различные отношения обладающих протяженностью и длительностью вещей и процессов приводят к появлению разнообразных пространственных и временных характеристик (направление, расположение, интервал, координация, субординация, последовательность, упорядоченность и т.п.).

Существенным моментом является также различие внешних и внутренних пространственно-временных отношений и учет их диалектики. Как уже отмечалось, закономерности, присущие внешним и внутренним отношениям, не дублируют друг друга. По-разному осуществляется и воздействие одних пространственно-временных отношений на другие. Внутренние пространственно-временные отношения (связи) обуславливают (в определенных границах, разумеется) существование образуемой ими целостной системы. Однако внешне изолированные пространственно-временные отношения непосредственного влияния друг на друга не оказывают.

Анализ природы релятивистских эффектов показал, что они представляют собой результат пространственно-временных отношений материальных объектов и процессов, взятых опять-таки в конкретной соотнесенности друг с другом. Этот результат выражается в строгих математических соотношениях, определенных численных выражениях и пространственно-временных величинах.

Уяснение смысла метрических и топологических свойств пространства и времени имеет важное значение для правильного перехода от теоретических моделей и интерпретаций к реконструируемой материальной действительности. На метрику и топологию нередко указывают как на самые фундаментальные, существенные свойства пространственно-временной реальности. Но что такое метрические и топологические свойства, как не результаты определенных пространственно-временных отношений, в которых находятся те же самые протяженности и длительности или их внутренние структурные элементы (если речь идет о системах)?

Метрические свойства пространства и времени связаны со всеми возможными операциями по их измерению. Топологические свойства связаны со структурно-множественным аспектом пространственности и временности. Хотя топология представляет собой один из сложнейших разделов современной математики, сущность топологических свойств легко поддается наглядной демонстрации.

Если взять мягкий резиновый круг или воздушный шарик и подвергнуть их растяжению, сжатию, изгибу и другим деформациям вплоть до скручивания, то считается, что вновь полученные фигуры будут топологически эквивалентными первоначальному. Установление такой эквивалентности и является главной задачей топологии. Правда, при этом вводятся и определенные ограничения (например, точки деформируемой фигуры не должны соприкасаться). Кроме того, топология изучает преимущественно абстрактные пространства, «точками» которых выступают математические функции [141, с.60–61]. Между метрическими и топологическими свойствами нет непроходимой грани: «...всякое метрическое пространство может быть рассматриваемо как топологическое пространство» [142, с.102], поскольку и те и другие проявляются в результате определенных отношений.

При сравнении или сопоставлении реальных или абстрактных объектов проявляются их соответствующие пространственно-временные свойства. В результате подобного сравнения и обнаруживается, к примеру, что определенные пространственные параметры при преобразовании объектов сохраняются. Аналогично сравнение происходит в ходе измерения. Ни о длине, ни об объеме материального тела, ни о продолжительности событий, в которых оно участвует, нельзя сказать ничего определенного до тех пор, пока не будет произведено сравнение с каким-то другим предметом или процессом. В современной математике топологическим пространством считается множество, состоящее из элементов любой природы. Отсюда такие виды математических пространств, как бикомпактное, разрывное и регулярное, индуктивно нуль-мерное, нормальное, квазинормальное, наследственно нормальное, связное, несвязное, паракомпактное, регулярное, полурегулярное, приводимое, сепарабельное, соабсолютное и т.п. [143, с.146].

Соотносить (сравнивать) можно что угодно и с чем угодно, однако об измерении речь может идти лишь только в том случае, если соотношение производится по одному и тому же основанию. Подробно разбирая данный вопрос, К. Маркс писал: «...величины различных вещей делаются количественно сравнимыми только после сведения их к одному и тому же единственному началу. Только как выражение одного и того же единственного начала они являются одноименными, а потому и соизмеримыми величинами» [144, с.142].

В обыденной жизни (и нетрудно предположить, что так было всегда) пространственные размеры одних предметов постоянно сопоставляются с величиной других предметов. Стакан меньше ведра, лошадь больше собаки, река шире ручья, куст ниже дерева — эта и тысячи подобных сравнений служат неперменным условием правильной ориентации человека среди окружающих его вещей. Аналогичным образом сопоставляется и продолжительность аналогичных событий. Но об измерении в собственном смысле данного понятия можно говорить лишь в том случае, если на измеряемый объект переносятся величины других соотносимых с ним объектов. Демин приводит пример детского мультфильма, где длину удава поочередно «измеряли» в попугаях, мартышках и слонятах.

Разумеется, в научной, производственной и повседневной практике измеряемые объекты соотносятся с устоявшимися эталонами, играющими роль всеобщих эквивалентов и выраженными в общепринятых единицах. Но суть измерения, основой которого в любых ситуациях и при любых условиях является соотнесение, сравнение объективных вещей и процессов, при этом несколько не меняется. Однако какой же тип отношений — внешние или внутренние — лежит в основе процесса измерения? Ответ на поставленный вопрос может многое прояснить в специфике частнонаучного осмысления пространственно-временных свойств и в определении его места в общенаучном познании объективно-реального пространства и времени.

Любой процесс измерения представляет собой, по сути, внешнее отношение одних измеряемых тел или процессов с другими материальными телами или процессами, выступающими в качестве средств измерения (часы, линейки, любые приборы и т.п.). Даже в случае измерения внутренних отношений их нужно представить на каком-то внешнем фоне или во внешнем противопоставлении друг другу.

Внешний характер пространственных измерений наложил отпечаток и на формирование соответствующих естественно-математических понятий. В частности, это выразилось в представлении о трехмерности пространства. Реальные вещи, тела, с которыми сталкивается человек в практической деятельности, объемны. По существу, объемность (или емкость) и представляет собой реальную пространственную протяженность. Протяженность есть «свойство тела занимать определенный объем, обусловленное устойчивостью

связей между различными материальными образованиями в структуре данного тела» [145, с.122].

Пространство не может быть чем-то иным, нежели совокупностью кубических метров, указывал Ф. Энгельс [146, с.550]. Однако выражение реального объема именно в кубических метрах (сантиметрах, километрах и т.п.) явилось результатом длительного развития прежде всего хозяйственной, но вместе с ней и научной практики. Потребность в измерении посевных площадей, расстояний, на которые перегонялись стада, совершались перекочевки, уходили охотники, собственно говоря, и привела к тому, что исходной основой пространственных измерений явилась длина и ее абстрактное выражение — линия.

Почему трехмерен объем в геометрии Евклида? Потому, что в его основе лежит линия, взятая одномерно; линии образуют двухмерную плоскость, а из плоскостей строится трехмерный объем. Хотя такой путь оптимален и в наибольшей степени удовлетворяет потребностям практики, он все же не является единственно возможным. Данные археологии подтверждают, что единицы измерения объема (емкости) исторически являются столь же древними, как и естественные единицы измерения времени и длины (день, месяц, ступня и т.д.) [147, с.24–25]. Можно предположить, что если бы практические потребности первобытных людей выдвинули на передний план не измерение площадей и расстояний, а измерение объемов, то развитие геометрической науки могло бы пойти по пути, отличному от проложенного Евклидом.

Из сказанного следует, что ни двух-, ни трех-, ни четырехмерность, ни какая-либо другая многомерность не тождественны реальной протяженности, а отображают определенные аспекты объективных отношений, в которых она может находиться. Материальной мир — это и мир Евклида, и мир Лобачевского, и мир Римана, и мир Минковского, ибо в понятиях любой из геометрий, связанных с именами этих выдающихся ученых, можно описать и отразить реальную пространственную протяженность как всеобщий атрибут материальной действительности. И как бы ни продвигалась исследовательская мысль — от материи к теоретическим обобщениям или же от абстрактных моделей к их материалистической интерпретации, — материя остается альфой и омегой научного познания.

6.5. Проблемы времени: дискуссии, сомнения

Различные варианты попыток истолковать сущность времени с помощью тех или иных аспектов мышления и сознания человека наблюдаются в немецкой классической философии. Для Канта время, как и пространство, и причинность, представляют собой чистые, априорные формы нашего сознания, которые дают нам возможность упорядочить хаотическое воздействие на наш разум вещей в себе в определенные закономерные последовательности и взаимоотношения. «Время, — писал он, — не есть что-то объективное и реальное: оно не субстанция, не акциденция, не отношение, а субъективное условие, по природе человеческого ума необходимое для координации между собой всего чувственно-воспринимаемого по определенному закону, и чистое созерцание» [148, с.400].

Чтобы не допустить ошибки в трактовке времени, отвечали таким успокоительным образом: современное представление о времени в корне ошибочно и не может служить препятствием к новым поискам истины [149, с.7].

К. Циолковский воспринимал Л. Чижевского как человека, который допускал различные возможности для трактовки такого вопроса, как время, чего не допускали другие его знакомые, так как придерживались чаще всего классической точки зрения на время и считали, что вопрос о времени разрешен современной физикой раз и навсегда. Л. Чижевский отмечал, что именно эта-то точка зрения была ему совершенно чужда, и он не разделял подобного рода самоуверенности. Наоборот, ему всегда представлялось, что ни одного вопроса о времени физика еще не разрешила до необходимой глубины и находится на самой низкой к нам поверхности мироздания из всех возможных его поверхностей. Многие его в физике не удовлетворяло: все понятия и особенно понятия о времени, о пространстве, о пространственно-временном континууме казались очень шаткими, и А.Л. Чижевский допускал, что мозг человека развит далеко не достаточно, чтобы в наш век уже создать истинное представление о реальности мировых категорий.

К таким неясным вопросам следовало бы отнести время, пространство, движение, структуру материи и т.д. Вопрос о времени был особенно интригующим из всех возможных философских во-

просов, ибо время всегда оставалось тайной, скрытой за семью печатями, — тайной невидимой, неслышимой, неосязаемой ни одним из органов наших чувств или их продолжениями — прецизионными приборами [149, с.7–8]. «Физики уверяют меня в том, — говорил К.Э. Циолковский, — что время существует, — допустим, относительное время. Но и такого времени я не вижу. Время, возможно, существует, однако мы не знаем, где его следует искать».

Только в XIX и XX веке человек сделал совершенно определенную попытку проложить путь к двум основным экстремумам своего познания: к миру атомов и их ядер и к Космосу. Необычайная храбрость, безумство и гениальность руководили ими в этих исканиях. Необходимо было решить и вопрос о времени. Однако еще Аристотель писал: «...среди неизвестного в окружающей нас природе самым неизвестным является время, ибо никто не знает, что такое время и как им управлять».

Две тысячи лет прошло с тех пор, а понятие о времени осталось таким же загадочным и непонятым, как и во времена Аристотеля, как и во все другие времена. Человеческий гений не разрешил этой загадки ни на йоту. Циолковский считал, что часы, хронометры, астрономические счетчики времени — игрушки, удобные для инженерных расчетов. Мирового потока времени, этого странного «явления», никто и нигде не видел, не ощущал и не мог даже указать, где следует его искать! Этот термин как некоторая необходимость для роста человеческой цивилизации был вымучен из умозрения и дан нам как положение, как аксиома, не требующая доказательств [149, с.8].

Подобную точку зрения разделял и А. Чижевский. Он остался крайне неудовлетворенным всем тем, что писалось о времени. Все знаменитые авторы принимали время как данность, как нечто существующее в природе. Однако секунды отщелкивают часы, а природа чужда искусственным представлениям такого рода. Если время существует в природе, то оно еще не открыто. Пока что время — явно выдуманная единица.

Человек настолько сжился с представлением о времени, что ему трудно признать, что времени не существует. Представление о времени вошло в его плоть и кровь и таким образом сделалось обязательным параметром его бытия и его мыслей. Время подарили че-

ловечеству астрономы, механики положили часы в карман, надели часы на руку, и с тех пор не существующее в природе насильственно стало частью природы.

Выражая свое отношение к авторитетам в «докторских тогах», К.Э. Циолковский говорил: «история сводится к догмам, которые не представляют интереса для объективного исследователя, но как раз так называемые объективные исследователи занимаются изучением догм, чаще всего мало или совсем не объективных. Все современное естествознание состоит из догм, не обладающих способностью быть долговечными, ибо они, эти догмы, удовлетворяют мировоззрению сегодняшнего дня и не будут признаны уже завтра. Грядущее столетие будет думать о времени иначе, чем думал Ньютон и Галилей и, очевидно, не так, как думаем сейчас мы. Поэтому мы можем позволить себе роскошь подумать о времени, невзирая на «несомненную» божественность авторитетов.

Знаменитые наши земляки считали себя свободными от тех заблуждений, которыми были охвачены ведущие физики в связи с представлениями теории относительности, которая из простого физического параметра создала искусственные парадоксы.

Время и для Л. Чижевского было привлекательной категорией как философских, так и физико-математических размышлений. Он говорил: «Сколько бы я ни рассуждал по этому вопросу, всегда приходил к неопределенным решениям. Одно оставалось неизблемым, хотя и противоречило в известной степени всему тому, что я знал, — это мысль древних философов (а их, по-видимому, было немало) о том, что в природе вне мыслящего человеческого мозга, никакого объективного времени не существует. Но говорить на эту тему можно было только с умалишенными. Так называемые здравомыслящие, показывая мне на часы, удивлялись, как можно сомневаться в реальном существовании времени. Идущие часы были для ста процентов человечества убедительным доказательством, но я сомневался».

К.Э. Циолковский придерживался следующей точки зрения: время изобретено человеком, исходящим из астрономических событий. Инструментальные данные позволили установить длину года, суток, часа, минуты, секунды и т.д. Словом, человек шел от «земных» данных, ибо в основе принятого физикой времени лежат чисто земные данные, а именно суточный оборот Земли вокруг оси, а не какие-либо другие.

Принятая нами секунда есть эмпирический продукт земного происхождения и основана на движении Земли вокруг оси. Следовательно, земное время есть время относительное, а не абсолютное, но оно дает нам, людям, определенный удобный эталон для различных практически полезных расчетов. Если бы на другой какой-либо планете существовали люди с высокоразвитым мозгом, то они учредили бы у себя свою собственную секунду, которая, конечно, была бы не равна нашей. Она могла бы быть больше или меньше. Об этом знали еще в XVIII веке.

С последним выводом К.Э. Циолковского можно не соглашаться. Поскольку время изобретено человеком исходя из астрономических событий, то для отображения счета времени, независимо от интеллекта, наблюдатель обязан получить некоторую колебательную систему, в которой все сведется к определению числа градусов окружности и появится определенный набор констант.

Но человек не ограничился применением земной секунды только к земным явлениям. Он все явления солнечной системы, всей нашей Галактики и всего Космоса вообще стал выражать в земных секундах и тем самым любое явление в Космосе подчинил земному масштабу времени. Он заявил, что Марс обращается вокруг Солнца за 687 земных суток, период обращения Юпитера вокруг Солнца оказался равным 12 земным годам, а Сатурна — 29,5 земным годам. Марсианские и лунные сутки человек также выражает земным временем. Земному времени человек подчинил все явления на Солнце. Конечно, эта экспансия искусственной условности весьма удобна для практической науки, но как раз из этого следует, что категория времени на всех небесных телах различна, а значит, с земной точки зрения, существует бесконечное множество времен и нет абсолютного времени. А это утверждение приводит к совсем другому представлению о времени: как искусственном параметре, удобном для земной науки — и только. А отсюда — один шаг до полного отрицания реального существования (т.е. вне человеческого мозга) физической и философской категории времени. Отсюда «вечное теперь» древних, вечность и бесконечность представлений нынешней физико-математической мысли, освященных размышлениями гениальных умов.

Кант, — говорил К.Э. Циолковский, — отрицал объективность некоторых категорий: пространства, времени и причинности. Он

считал, что они исходят из разума и ничего не говорят о реальном мире. Время — наиболее мучительное представление, которое может быть осмыслено только насильственно. Земные секунды — это, конечно, не реальная категория, не зависящая от ума, а его произвол, не фундаментальная мировая единица измерения, а удобная земная единица для вычислений или отсчетов.

Платон не признавал времени, доплатоновские философы — тоже. Время чуждо «чистой мысли» древних, хотя периоды и ритмы наполняют весь мир, но это — не время! Ведь пространство может быть периодически и ритмично благодаря проявлениям материи.

Отсутствие какого-либо мирового времени или многих времен в мире диктуется чисто логическим путем. И в то же время масса уравнений, описывающих физические процессы, содержат математические знаки, являющиеся левой частью параболического уравнения с частными производными или интегралом по времени от какой-либо функции. Время может быть как параметром, так и оператором, оно может быть явным и неявным, оно может входить в уравнение как переменная величина... Оно всегда будет тем, что вы из него сделаете или тем, что понадобится физику или математику. Оно может быть всем чем угодно, ибо его не существует, а все несуществующее — многообразно, ибо умозрачительно.

Земная наука, найдя условную единицу времени, сумела открыть большинство законов, управляющих преобразованиями вещества как на Земле, так и на космических объектах — звездах. Отсюда — практический смысл категории времени.

Нельзя сомневаться в огромном значении установления времени в жизни человека и земной метрике, связанной со временем. Но поскольку нет мирового (космического) времени, обязательного для всей Вселенной, и нет вообще естественного времени, — философским смыслом искусственный параметр (время) не обладает. А потому, говоря о космических событиях, их нельзя оценивать с позиций земных секунд. Это было бы нелогично и непредставимо. Так, земное время возрастает до таких колоссальных пределов, которые наш мозг (мозг человека, в данном случае) охватить не может, например миллиарды миллиардов лет. Поэтому такого рода экстремум не имеет никакого смысла для человека. Мы не можем ни понять, что такое вечность, ни представить ее себе. Но наша логика принимает понятие о вечности и не видит нужды бороться с

этим понятием. Любые же операции с вечностью или космическими эрами приводят нас к огромным временам, которые уже еле-еле перерабатывает наш мозг. И тут уже начинаются проекты. Но не следует, может быть, фантазировать без основания, без физического предиката, ибо такая необоснованная фантастика претит элементарной логике человека и потому просто не интересна ему, она не живет долго и умирает в смущении.

Со слов К.Э. Циолковского, он долго искал объективное время в разнообразных явлениях природы, на Земле и в Космосе, но всюду обнаруживал только «земное», иначе говоря, «человеческое» время, созданное человеком, его гением, и не имеющее ничего общего с объективными данными природы. Время не дано человеческому уму, как свет, а изобретено человеком, как деталь некоторой машины, созданной его же мозгом. Мы никогда не видим времени, не ощущаем его хода или его действия на те или иные предметы, но многое приписываем действию времени и часто приписываем без всякого смысла или логики. Так, старение организма мы относим за счет времени, в то же время и с таким же успехом старение можно было бы отнести за счет периодического изменения пространства, в котором этот организм помещается. Или еще что-нибудь другое. Легко доказать несостоятельность этих концепций. Поэтому схему Минковского следует считать не отражением объективной закономерности в уме человека, а геометрическим изобретением, ничего общего с действительностью не имеющим. Эффективно, но искусственно.

Уже в последние десятилетия для возможной расшифровки понятия времени рядом авторов были применены сложнейшие гипотезы, в свою очередь опирающиеся на гипотетические основания. Такие многоярусные гипотезы, в фундаменте которых не было ничего, кроме чисто математических построений, в течение достаточно долгого времени волновали умы ученых, для людей же, несведущих в этой области знания, высказанные построения казались чем-то недоступным обычному человеческому уму и понятными разве только гениям. Естественно, что эти построения (будем так их называть) привели к возникновению ряда «парадоксов», т.е. к необычным решениям, не соответствующим обычным представлениям или даже здравому смыслу. Эти парадоксы многим показались очень опасными для прогресса науки, другим же — весьма

выгодными, ибо, опираясь на «парадоксы», можно было изобретать любые «явления», не существующие в действительной природе. Это привело к появлению особого жанра в области литературы: «научнообразных» сочинений, не имеющих ровно никакого познавательного значения, но пересыпанных математическими знаками.

Самоочевидность отсутствия времени в природе и привычка отсчитывать секунды у современного человека представляют удивительный парадокс, борьба с которым должна начаться в ближайшее время, ибо надо, наконец, в объективную картину мира внести существенную поправку. Концепция времени, якобы текущего во Вселенной единым потоком, является не более как фантомом, изобретенным умом человека. Даже физики, пытавшиеся исправить ньютонову картину мира, не могли порвать с этим заблуждением и повсюду щедро расставляли земные часы, отсчитывающие земное время, углубив тем самым этот антропоцентрический призрак и придя в тупик в деле создания физической картины мира — в тупик с разными нелепыми парадоксами там же.

Вес, масса, тяготение, — считал Циолковский, — существуют в природе. Это — явные категории познания. Длительность, протяженность, расстояние от и до существуют тоже. Можно спорить только, насколько они относительны — как они относятся друг к другу. Мы видим те или иные предметы, Солнце, Луну, планеты и звезды и установили расстояния между ними с помощью земных единиц длины — в аршинах, метрах, милях, в морских узлах или в кабельтовых. Еще до сих пор нет единства у разных народов на счет мер весов и расстояний, ибо одни народы установили одни меры, другие — иные. Но все народы сходятся на единстве суток и даже часов, ибо земное время обычно свойственно всем народам Земли. Свое земное и по-земному удобное время человек перенес и во Вселенную, и в микромир. Даже электроны у него обращаются вокруг ядра по земному хронометру.

В этом К.Э. Циолковский видел отсутствие логики.

Если удастся, считал К.Э. Циолковский, найти в природе (в любой области) пример объективного течения времени, можно будет считать, что сделано величайшее открытие, ибо до сих пор время не открыто — оно весьма произвольно установлено человеком, и, следовательно, время антропоморфично.

Установление времени человеком также необходимо для него на нашей ступени развития, как воздух необходим для дыхания, как пища для поддержания жизни. Время понадобилось человеку еще в те отдаленные эпохи, когда человеческая мысль только стала проявлять себя. Человеку понадобился тогда отсчет суток. Значительно позже ему понадобился отсчет минут и секунд. Микросекунда понадобилась человеку только сегодня. Вот так по эпохам дробились земные сутки, пока не дошли до ничтожной доли секунды там же.

Необходимо отметить реплику К.Э. Циолковского, которую мы полностью разделяем: «Часы — это не время».

Вообще надо сказать, что время «сделано» удачно, даже после Лоренца и Минковского оно практически никак не изменилось. Но как философская категория время заслуживает большего внимания и более тщательной разработки. Отсутствие времени в природе надо, наконец, понять и философски осмыслить, ибо отсюда вытекает основное философское утверждение о том, что Космос вечен и не сотворен когда-то и кем-то. Отсутствие времени в мире говорит о том, что Вселенная вечна и что никакого иного вывода из этого отсутствия сделать просто нельзя. Вечность становится не просто желательной для человека, а точной аксиомой.

Исходя из преобразований Лоренца, была еще предложена новая шутка со временем. Это — парадокс времени: чем скорее движется материальная система, тем медленнее течет время. В пределе — при скорости, приближающейся к скорости света, время вообще исчезает. Но тут не сказано самого главного: при субсветовых скоростях, одновременно с исчезновением времени, исчезает и твердая материя, превращаясь в энергию — свет, излучение или радиацию. Только свет имеет скорость, равную 300 000 км/с, а может быть и больше.

Обращаясь к межпланетной или межзвездной ракете и исходя из этого парадокса, можно, якобы, утверждать, что время в таких ракетах замедляется и человек, летящий в ней, стареет весьма медленно. Если такая ракета прилетит обратно на Землю, то из нее выйдут далекие, но еще молодые предки тех людей, которые населяют Землю. Вообще говоря, придумать и «рассчитать» можно любую нелепость, несовместимую с логикой и здравым смыслом. Легко доказать, что этот парадокс — только забавная игра ума, чем нечто реальное, имеющееся в природе... Все это происходит вследствие основного недоразумения, существующего в физике —

«множественности» времен. Например, год жизни на Земле равен секунде жизни на ракете. Конечно, ничего подобного в действительности не существует, ибо без человека мы можем приписывать времени любые возможности, а человек не вынес бы на своей шкуре «преобразований» такого рода. Как говорится, «бумага терпит», так же как терпят и «умные головы», когда им с высоты университетских кафедр предлагают несъедобную пищу.

Плавное течение ручейка люди стали приписывать плавному течению времени во Вселенной. Им представлялось, что грандиозный поток времени, подобно водам океана, охватывает все бесконечное пространство Вселенной и течет, не изменяя своей скорости на Земле, на Сириусе и отдаленных звездах. Представление о «потоке времени», вошедшее в физику и философию, является абсурдом. Никакого такого «потока времени» не существует, никто не видел его проявления в чем-либо. «Поток времени» — беспочвенная выдумка человека, позволяющая водить за нос даже самых передовых людей. В ходе тысячелетий появилось представление об одновременности или синхронизме событий в разных материальных системах, с различными скоростями движения этих систем или различными ускорениями. Представление о едином фронте времени настолько овладело умами ученых, что уже во второй половине прошлого века они полагали физическую картину мира в основном законченной. Но это оказалось непрочным, когда Эйнштейн подверг сомнению некоторые ее основные конструкции. На развалинах единого времени мироздания появилась множественность времен, и вместе с тем возникли парадоксы, очевидно не существующие в действительности. Ни Эйнштейну, ни его последователям не удалось даже частично решить проблему времени, и ирреальность его до сих пор продолжает волновать ум мыслящего человека.

Категория времени связана с процессом, происходящим в нашем мозгу. Человек наделяет мироздание временем, изобретает метрику времени и парадоксы его, чтобы потом подкрепить их опытом. В какой-то мере это удается, так как самый опыт изобретается человеком. Следовательно, все опыты необходимо рассматривать с точки зрения работы нашего мозга. Однако такого рода рассмотрение было бы верным лишь отчасти, ибо явления природы все же участвуют в этих опытах, и потому каждый опыт есть приближение к ре-

альной действительности, существующей вне нашего мозга. Время же является теми ходулями, которые позволяют стать человеку над своей личностью, произвести опыт и уложить его результаты в некоторую удобную для человека систему. Очевидно, в природе никакой метрики такого рода нет вообще. А если и есть, что очень возможно, то мы ее совсем не знаем и даже не понимаем. О возможном существовании истинной метрики природы говорит то, что мы называем закономерностями, охватывающими всю природу сверху донизу, от атома до галактики. Удастся ли человеку когда-либо проникнуть в тайны этой истинной метрики природы — стоит под сомнением. Для этого мозг человека должен знать все. А это недостижимо.

Интересно представление К.Э. Циолковского о «мгновенности» времени. Мгновенная передача импульсов от одного конца стержня к другому. Говорят, что такой мгновенный процесс совершается вне времени, а только в пространстве. Но опять-таки это неверно, ибо мгновенность может быть одной тысячной, одной миллионной или одной миллиардной и так далее секунды. Значит, никакой мгновенности не существует, и физики не должны пользоваться этим ложным термином. Мгновенность, как и одновременность, в покоящихся и движущихся системах суть проявления нашего крайнего невежества! Серьезно говорить о мгновенности просто нельзя, ибо она только удобная форма, принятая для «объяснений» событий.

Особенно, — говорил Циолковский, — странной мне кажется «мгновенность», которой оперирует Эйнштейн в своей теории относительности. Конечно, никакой мгновенности в природе не существует, и то, что он относит за счет понятия «вне времени», происходит в ничтожные доли секунды как искусственной единицы, и за счет пространства, как он справедливо полагает. Если время как явление природы существует, то ничто не может быть вне времени, ибо это — бессмыслица. Если времени не существует, тогда из него нельзя создавать обязательный фактор движения системы и украшать земными часами все космические стрижали, а Минковскому из абстрактного понятия времени делать четвертую координату, которую приставляют к трехмерному пространству. Надо согласиться, что это — удобная конструкция, особенно для электродинамики, но насколько она реальна — еще никем не доказано!

Так как нам неизвестны неподвижные точки в мире, а все движется, не может быть и речи об установлении каких-либо измери-

мых скоростей. Все установленные физикой скорости, следовательно, неверны. В еще большей степени это положение относится ко времени. Так как абсолютного, или мирового, времени не существует, то нет и эталона времени, от которого надо вести отсчет. Следовательно, все представления о времени совершенно неверны и являются творчеством человеческого мозга, а не объективной истиной, не объективной реальностью. В природе не имеется СГС-метрики, т.е. в ней нет ни сантиметра, ни грамма, ни секунды как физических размерностей, которые, однако, необходимы человеку для его повседневного опыта и наблюдения, как удачные единицы физико-инженерного отсчета.

Как всем известно, постулат времени был безоговорочно принят физиками как некоторая данность, и, по сути дела, этот постулат никем не оговаривался и никем не был взят под сомнение, если не считать древнегреческих мудрецов, учредивших «вечное теперь» и тем самым отрицавших наличие времени, т.е. некоторого «динамического» или «кинематического» процесса. Вечное теперь — одно из самых замысловатых произведений человеческого ума, стоящего как бы в оппозиции ко всему громадному опыту человечества в том, что время все же существует, т.е. изменяется, движется только вперед и никогда не назад и как бы увлекает с собой весь Космос! Конечно, человек не раз задавал себе вопрос, что же это за странная категория, имеющая безусловную реальность только в то мгновение, о котором мы говорим теперь. Все же будущее, и тем более прошлое, представляется с этих позиций несуществующим, недоказанным и метафизическим. Окружающий нас мир, с этих позиций, ограничен некоторой крупницей материи, находящейся на тончайшем острие, которое торчит из ниоткуда, а кругом — пустота: ни прошлого, ни будущего. Только — вечное теперь. Хочется спросить: что же это за острие? И что такое: ниоткуда, вакуум?

Конечно, и эти вопросы достаточно праздны, ибо такой конструкции мира никто не видел и не увидит. Это — абстрактная выдумка, т.е. абсурд. Физическая модель «вечного теперь» может быть представлена только алогичным образом.

То, что люди мыслят с помощью временных координат и как бы не могут обойтись без них, — это плохо, особенно для молодых умов, которые приучаются мыслить с помощью, безусловно, устаревших, ложных представлений. Время, этот эталон, надо открыть

в природе либо отказаться от него, особенно при конструировании картины мира. Но для этого необходимо преодолеть значительные физические и математические трудности.

В отличие от других явлений природы, «время» (если его считать существующим) всегда находится в движении. Только в Библии время однажды остановилось. Но на это обстоятельство ни один физик не обратил своего внимания.

Теперь мы приближаемся к представлению о том, что такое «стоящее время». Этот вопрос требует ответа. Конечно, «остановившееся время» является наблюдением какого-то безымянного натурфилософа или «физика». Возможно, что оно появилось в Библии из представления об отсутствии «течения времени» — о «вечном теперь»? Возможно, что были и другие наблюдения, сделанные за тысячелетия до нашей эры. Может быть, древние ученые отказались от времени из-за его отсутствия, а потому естественные науки двигались вперед очень медленно — время надо было изобрести, даже при его отсутствии, что облегчило бы прогресс естественных наук, что мы и видим, начиная с XVII века.

Пресловутая скорость света, равная 300 000 км/с, именно в секунду, ну и еще, не совсем точно, а около 300 000 км. Какое удачное совпадение для всех расчетов! И куда только скорость света, эта «постоянная» нашего мира не входит в качестве множителя, а тем не менее указанная скорость в секунду тоже немного отклоняется — изменение этой «константы» зависит от «кривизны пространства».

Касаясь искривленного пространства, К.Э. Циолковский отмечал: «кривизна константы» явление математическое, а не физическое. В действительности может быть существует «кривизна» силового поля в каких-то участках Вселенной, но ведь это еще требуется доказать, это дело будущего.

Интересна мысль собеседников — свойство времени неразрывно связано с материей и пространством, причем способы этой связи неизвестны, так как само время условно. Следовательно, его можно вывести из того и другого. Тогда будет «местное» время, а не мировой поток, или «местное» время, полученное из «местного пространства» и «местной материи». Время будет «пропорционально» материи и пространству. Или скорости движения материи

в пространстве. Пропорционально или обратно пропорционально, или с каким-либо коэффициентом или постоянной.

Возникает вопрос — можно ли получить математическое выражение времени для движущихся тел и масс. По мнению А. Чижевского, нет ничего более обманчивого и неверного, чем время и классическая механика трезво принимала этот недостаток. Как она управлялась со временем: $V = L/t$, см/с или $t = L/V$, с (где L — расстояние в сантиметрах, t — время в секундах) — и таких уравнений можно было бы написать в любой (например, в дифференциальной) форме много. Метры, как и секунды, — все это человеческое, земное, не более того, а не объективное, существующее помимо человеческого ума. Именно: помимо человеческого ума.

Можно себе представить явление такого порядка. Если бы «время» существовало — оно бы двигалось, как и все в этом величественном мире. Но «время» всегда стоит — движутся только окружающие тела, и мы это движение принимаем за «время». Представим себе такое нелепое положение вещей — движение времени. Что это значит — я еще сам ничего не понимаю. Движение времени — абсурд, если время только наше представление. Если же время вещественно-материально, тогда оно существует вне нас, независимо от нашего сознания, и, следовательно, оно должно двигаться, как некоторая материальная всепроникающая субстанция. Тогда, спрашивается, где она, эта субстанция? Открыта ли она в природе? Очевидно, нет. Материально осязаемого времени в мире не открыто, а человек изобрел только удобное представление, которое назвал временем и, кстати сказать, подчинил все явления в мире этому вымыслу. Что можно сказать о такой физической картине мира, где все подчиняется умозрительному призрачному фантому? Сама картина мира становится фантазмагорией! Но ведь это не вполне так. Все же человек кое-что узнал о существующем независимо от него мире. Только кое-что — не более...

Можно представить, что время существует и движется только в одну сторону — вперед, независимо от материальных тел, которые это время «окутывают», подобно «всемирному туману». Представить-то можно, а вот как сопоставить это неведомое нам вещественное мировое время с земной секундой, установленной человеком? С помощью преобразования Лоренца или уравнений Минковского? Нет, нельзя, ничего не получается... Эйнштейн также не

повинен в этом грехе, как младенец. Он допускал лишь времена, связанные с движением тел, а единое ньютоновское время — абсолютное время — он, конечно, отрицал. Отрицая единое абсолютное время, он отрицал время вообще, ибо, само собой разумеется, не может быть столько же времени, сколько движущихся тел, и попытка получить относительное время из времени скорости света в секунду нельзя назвать удачной. Да и сам Эйнштейн вряд ли был доволен такой игрушкой. Его относительное время весьма антропоморфично из-за той же человеческой секунды, т.е. условности. Он мог сколько угодно много писать о времени, но для самого себя он, очевидно, думал о времени что-то другое...

Уверенность в конечную познаваемость Вселенной может исходить из классических представлений, выработанных человеком за много веков умственной деятельности. Различные парадоксы не способствуют этому — наоборот, они расчлняют единый мир на множество миров и запутывают великое сознание человека в бесконечных противоречиях. Только та картина мира будет отвечать действительности и отображать ее, где не будет парадоксов и где властвует строжайшая причинность, преемственность и вытекающие из причин следствия. Я не верю в то, что макромир и микромир — разные миры. Ведь это только человеческое представление разграничило их. С философской точки зрения, это страшно вульгарно, если не сказать, что это — дико. Законы, определяющие макромир, определяют и микромир с соответствующими поправками, коэффициентами и т.д.

Например, сокращение или сжатие времени ученые отыскали только в микромире... И вдруг они перенесли это сокращение в макромир. В то же время они заявили, что классические законы макромира не могут быть перенесены на микромир. Следовательно, была допущена грубейшая ошибка — перенесение законов микромира в макромир.

Однако пора задать себе вопрос, насколько представления этих физиков соответствуют чему-то реальному, что они достоверны и распространяются на весь реальный мир?

Надо остерегаться ложных представлений о времени, представлений антифилософских, представлений алогичных. Замедление времени в летящих с субсветовой скоростью кораблях по сравнению с земным временем представляет собой либо фантазию, либо одну из

очередных ошибок нефилософского ума. Во-первых, это пресловутое замедление получено в виде кинематической формулы, а во-вторых (что самое главное), еще задолго до достижения субсветовой скорости все живое, в том числе и человек, — обречено на неминуемую гибель, а материальные тела, в том числе и сам корабль, — на полный распад, на молекулы или атомы, ибо с увеличением скорости увеличивается масса, а с увеличением массы все скрепляющие или объединяющие части корабля должны сломаться, как раздавленная муха. Лоренцово сокращение имеет в виду абсолютно твердое единоеобразное и единослитое тело, а не тело, состоящее из частиц — атомов или молекул. А так как таких тел в природе не существует вообще, то и лоренцово сокращение является сущим вздором. Не меньшей чепухой являются представления, произошедшие из этого представления, в частности — замедление времени! Замедление времени! Поймите же, какая дикая бессмыслица заключена в этих словах!

Это все говорит о том, что чисто математические упражнения, может быть, и любопытные, как забавнейшая игра человеческого ума, представляют в действительности бессмыслицу, которой отличаются многие современные теории, начало которым было положено примерно в середине прошлого века. Успешно развиваясь и не встречая должного отпора, бессмысленные теории одержали временную победу, которую они однако празднуют с необычайно пышной торжественностью! Будучи в целом безумными, эти теории кое-что помогли объяснить, но они зарвались и достигли своего апогея.

Самое главное К.Э. Циолковский видит в том, что «во все времена и у всех народов физики ошибаются в творении идей и теорий, ошибаются даже в трактовке некоторых опытов! Эта традиция идет из века в век, из тысячелетия в тысячелетие. То, что утверждается сегодня, опровергается завтра. Эти вечные ошибки понятны, и за них нельзя бранить физиков, но и принимать на веру многое тоже нельзя. И я, грешный человек, думаю, что через сотню лет от парадоксов сегодняшнего дня ничего не останется. Глубоко уверен, что в реальном мире, где отсутствует мысль человека, никаких парадоксов нет и нет многого такого, чем мы наделяем природу вследствие нашей ограниченности».

Попытка поставить время в зависимость от скорости движения тела привела к парадоксу и явлению сокращения тела в направлении движения, о чем писали еще Шварцшильд, Лоренц и многие

другие, разделяя классическую картину мира. Конечно, этого нельзя себе представить, но можно выразить математически. Говорят так, что части тела, достигающие высокой скорости, идут медленнее, чем часы на Земле. Говорят также, что жизненные процессы на таком быстролетающем теле должны также значительно замедляться. При достижении же световой скорости погибает как время, так и само тело... Это совсем непонятно. Это суть парадоксы.

Еще хуже дело обстоит в биологии. Говоря о замедлении времени в быстролетающих ракетах, часто упоминают о замедлении времени жизни, о замедлении процесса старения, о сохранении молодости и т.д. Это уже совсем необоснованно, не очевидно и совсем не верно, если считать, что на ракете жизнь протекает нормально, т.е. так же, как и на Земле, где поддерживается земной ритм жизни. В самом деле, если на ракете будут пружинные часы, пущенные в ход на Земле, и если космонавты не смогут отделаться от земного распорядка дня и ночи, к которому земные существа приучились в течение двух или трех миллиардов лет, то никакого различия в ходе жизни и в ходе времени на быстролетающей ракете и на Земле не будет. Это — от лукавого, как и сами невероятные скорости полета. Не верится и противоречит опыту и воображению, что столь большие скорости могут быть выдержаны человеком, и он при этом не погибнет.

Несомненно, что при столь мощных влияниях на организм, он обречен на гибель. Право, это уже совсем смешно!

Будущее виделось в том, что пройдут десятилетия или столетия, и человечество освободится как от «мирового потока времени», так и от времени относительного, хотя и будет носить карманные часы, необходимые ему в повседневной жизни. Тогда будет создана иная физическая картина мира, где времени не будет.

Математические обозначения времени еще не Время с большой буквы, этого Времени еще никто не открывал, не видел, не слышал, не чувствовал. Самые изощренные математические конструкции, преобразования Лоренца, мировые линии Минковского, функции Гамильтона и тому подобные изящные произведения не убеждают нас в существовании в природе Времени (абсолютного или относительного) и требуют его открытия или закрытия для построения истинной картины мира.

Мы отрицаем Время и его интерпретации как несуществующий во Вселенной фактор и требуем его открытия.

Отрицая принятое время, т.е. земные или, точнее, человеческие условности, мы требуем либо отказа от такого времени в реальной картине мира, либо открытия истинного Времени, которое оправдает себя в любой точке Космоса, — говорил К.Э. Циолковский.

Кроме того, мы утверждаем, что скорость света в пустоте, равная 300 000 км/с, не является эталоном времени, ибо секунда есть человеческая условность, не более, и все, что с ней связано, не может быть мировым эталоном и входить в картину мира на равных началах.

Вообще современная картина мира или уравнения единого поля, к чему склоняется современная физика, отнюдь не отражают процессов, совершающихся во Вселенной, а только «несколько приближаются» к ним, ибо основные параметры этой картины суть установленные человеком числа, удобные для его инженерных или физических работ. Все это только любопытное приближение к тому, что мы называем реальной картиной мира, — может быть, и не плохое для текущего тысячелетия.