

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 космомикрoфизики.

Формируется и третье направление, выраженное в попытках «безмассового», «беспространственного» и «безвременного» 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 расхождений. 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 физиче-

ских явлений и процессов. Особенно характерно в этом отношении развитие космофизики. 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 методологии 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, электромагнетизм, 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 термоди-

намики, 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 известных 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 простран-

ства — 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 потребуют неимоверно огромной энергии: предполагаемая энергия унифика-

ции 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 теория 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. Сверхраннее 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 — космомикробиологии (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 из-

вестной 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 сверхпроводящих 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 компактифицированы (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 космомикрорифики 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 космомикрорфизической 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 космомикрорфизике, связанной с ее методологическим обоснованием, является проблема целостности. Уже было отмечено, что великое объединение описывает единой теорией локальное взаимодействие, космология — глобальное, а космомикрорфизика 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. Космомикрорфизика 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 вещности 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 космомикробиологии. 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 топо-

логических 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 космомикрoфизики 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 ми-

ровоззрения, логики и психологии исследователя, но и уточнение предмета и объекта космофизики, направленности ее развития. Перед нами вырисовывается и новая конкретно-научная программа, и новая методологическая парадигма.

Новая парадигма предполагает, на наш взгляд, создание космофизики 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 предпосылках. 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 харак-

терные 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 Шюке 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 пред-

шествующих 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 пространст-

ва 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 представляет 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 про-

тяжеленных 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 аб-

солютно 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 координата 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 взаимнооднозначное 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 представление 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 другие физические возмущения 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 объясне-

нии 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 «са-

мих 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 объективны 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 общества 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 привлечь 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 наличие 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. Омелянского 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 — смешением 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 микроскопического 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 осознанным) 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, наблюдает 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 зависимы 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 мак-

роскопичности 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 невозможно 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

реляционную (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. Манев, 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 разработана 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 разработана 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

содержание 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 дви-

жуются с одинаковой скоростью. Эпикур писал Геродоту, что «атомы движутся с равной быстротой, 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. Изотакхия 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 изотакхий (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 разворачивает 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, пролегал 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 немисливо, 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 субстанциональной 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: «...категория 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 закономерностям. 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 начала 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 скон-

струированные 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 достовер-

ностью (исключая Откровение). Обожеваемая 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 «люксицизм» (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 представлял 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 раз-

вить, 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, математическое 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 немыслимо без точных измерений и приборов.

Эксперименты с идеальным объектом (свет) были трансформированы в идеализированные эксперименты, и на этом пути развилась 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 абстрактную 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. Койре, 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 пространство, и лишь в натурфилософии Ньютона произошло объединение двух необходимых ингредиентов классической механики пустого пространства и прямолинейного инерциального движения.

Ньютоновские законы движения существенно отличались от законов и представлений его предшественников по способу их выведения. Впервые в науке стало возможным из состояния движения в

данный момент времени выводить состояние, непосредственно следующее за ним, и т.д. Это осуществилось после развития дифференциального и интегрального исчисления (Ньютон, Лейбниц и др.).

Число научных открытий Ньютона очень велико, но трудно переоценить тот факт, что в «Математических началах натуральной философии» он развил такую форму физической теории, которая стала канонической. Построение своей системы Ньютон начинает с определения базисных физических понятий, таких как «масса», «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 начальном уровне изложения, а затем получают свое физическое содержание 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 реализации аксиом: законы движения классической механики справедливы в инерциальных системах отсчета, которые определяются как системы, движущиеся инерциально по отношению к абсолютному пространству и времени.

Абсолютное пространство выступало в системе Ньютона, так сказать, в различных ипостасях: это — теологическое пространство, т.е. как «чувствилище» бога (с помощью абсолютного пространства бог «чувствовал» одновременно все точки бесконечной Вселенной); это — пространство, которое характеризует картину мира, т.е. пустота; это — теоретическое пространство как универсальная инерциальная система отсчета [22, с.43]. Следует также учесть, что законы сохранения таких фундаментальных физических величин, как энергия, импульс и момент количества движения, 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 эмпирическим фактам, должна быть эмпирически интерпретируема. Поэтому в классической механике существовали еще и относительные пространство и время. Так, первое выступало как протяженность материальных объектов (экстенсионная концепция). При этом относительное пространство являлось мерой абсолютного пространства, первое может быть представлено как множество конкретных инер-

циальных 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 взаимодей-

ствия 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 времени. 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 производится измерение. 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 дальнодействии (мгновенной передаче таких воздействий на любые расстояния). Следует отметить, что именно мгновенное дальнодействие 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 превосходил 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 пред-

ставлениям 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 не-евклидово;
- 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. Другие 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 прин-

ципы 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 ме-

нее 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 $dS^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2$. «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) ут-

верждала, 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 штывы 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 человеческого 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 *tempeus 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 экстенсивных 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 пространства. 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 простран-

ству-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 «инерциальной 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 $m_{ин}$, которая является мерой сопротивления движению, а в законе всемирного тяготения

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

фигурирует тяжелая масса $m_{тяж}$, 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 сво-

бодного 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 распространение света (в частности, изгибает световые лучи).

Ситуация с изгибанием светового луча, как уже говорилось, была рассмотрена Пуанкаре, который обратился к ней еще до создания общей теории относительности. Он указал на два возможных подхода к интерпретации этого явления:

- 1) традиционный подход — луч света искривляется некоей 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 определяется 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 су-

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 наблюдаемым 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 3C279). 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 кривизны» [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. Доэйнштейновские 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 хотели 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 неимоверной сложности космического пространства-времени. Поскольку мате-

рия 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 конеч-

ной 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 логически 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 космологическую 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 некое вместилище, 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 десятые 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 «начала» 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 некото-

рому 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 мировоззренческую 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 ньюто-

новским 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 наличие 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 сжаться до размеров горошины.

Независимо от того, в каком состоянии космический объект пересекает соответствующую сферу Шварцшильда, далее он неудержимо, стремительно переходит в сверхплотное состояние в процессе 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 пролегалает 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: «Сингулярность — 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 обнаружили 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, характеризующую 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 Рэлея–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 Рэлея–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 ρ :

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

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 $E = hv$.

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 частотой 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 дуализмом [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 самую 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 ограниченность 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 немислимым. 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 макромире. 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 оказывались 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 квантовой 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 исключаящие 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 господству-

ют 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 $\Delta t \approx 10^{-17} \div 10^{-26}$ см·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 классиче-

ских 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 разумеется, что минимальная 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 ведущихся 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 назвали 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 пустым. 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 разума». 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 частиц, был еще недоступен науке. О макромире, о Вселенной в целом, можно было тогда только строить гипотезы. Но огромное разнообра-

разие 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 должных 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 сцеп-

ленность 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. Каждый 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 истекло 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 выходят 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 смотрим 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 физи-

ческих 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 движущееся всей махины «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 пер-

вые 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 антимиры, 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 направлениях. 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 назад 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 неограниченной 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 рас-

пространившееся 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.

Никакая 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 Вселен-

ная, 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 Водолея, хочется верить, что Рей лишь повторил картинку 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

$$t = \frac{1^\circ}{180^\circ} \pi \frac{2,5 \cdot 10^{17} \text{ м}}{10^5 \text{ м/с}} \approx 4 \cdot 10^{10} \text{ с} \approx 1400 \text{ лет.}$$

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 называли 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.

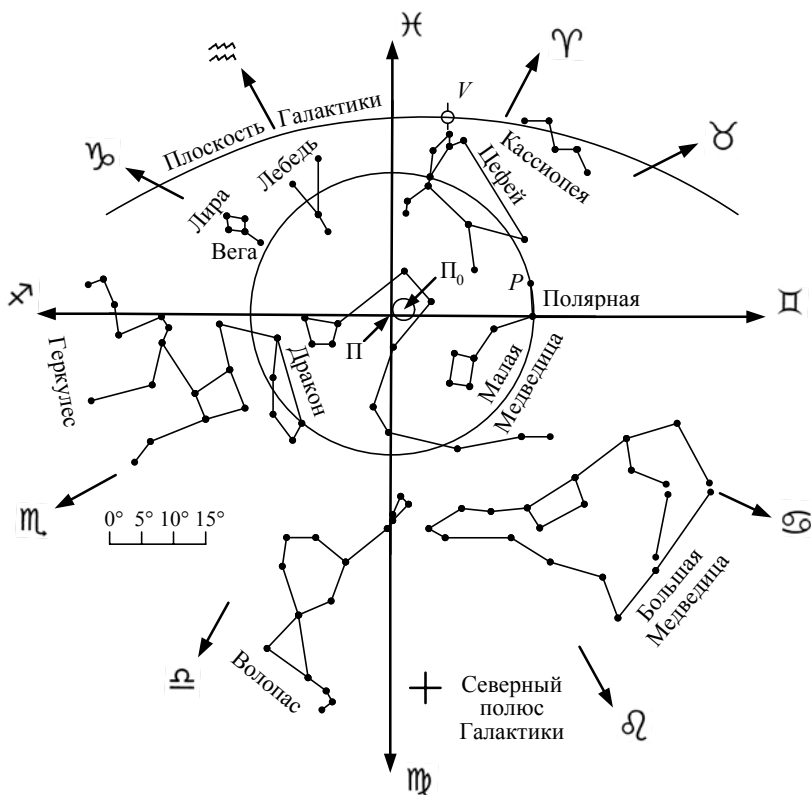


Рис. 5.1. Схема созвездий Северного полушария:

P — направление на полюс мира, большая окружность — его траектория; *П* — полюс эклиптики, малая окружность — его траектория; *Π₀* — 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 Стрель-

ца и Скорпиона — Млечный Путь как бы раздваивается, оставляя по-среди 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 $v_{\oplus} \approx 250$ км/с. Период нашего обращения вокруг центра Галактики можно оценить как $2\pi a_{\oplus} / v_{\oplus} \approx 7 \cdot 10^{15}$ 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:

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

Здесь буквой G обозначена гравитационная постоянная, равная $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$. 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 возмущением можно было безусловно пренебречь.

Наибольшая сила, действующая на Землю, — это гравитационное притяжение Солнца. Сравнительно с ней сила притяжения к центру Галактики ничтожно мала: $(a_{\oplus}/a_{\odot})^2 2m_{\oplus}/m_{\odot} \approx 3 \cdot 10^{11}$. 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 направ-

лены 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 относительной 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 $\hbar = 1,054 \cdot 10^{34}$ кг·м²/с и постоянную Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-38}$ Дж/К:

$$\sigma = \frac{\pi^2}{60} \frac{k^1}{\hbar^3 c^2} = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ кг}/(\text{с}^3 \cdot \text{К}^4).$$

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:

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

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 $e = 2,718\dots$ основания натуральных логарифмов. Тепловой спектр имеет максимум при частоте $\omega = 2,82kT/\hbar$. 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.

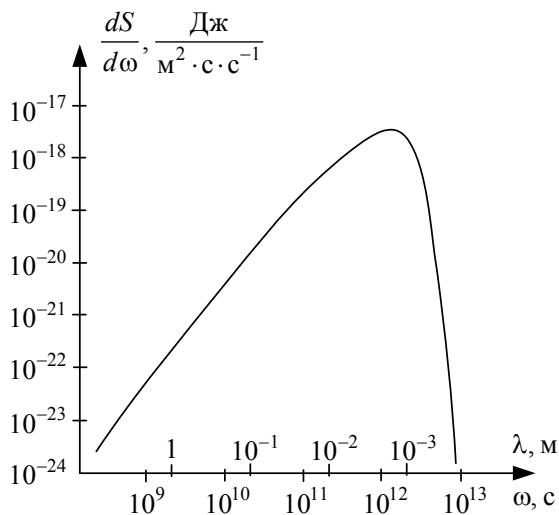


Рис. 5.2. Спектр теплового излучения Вселенной с температурой 3 К

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.

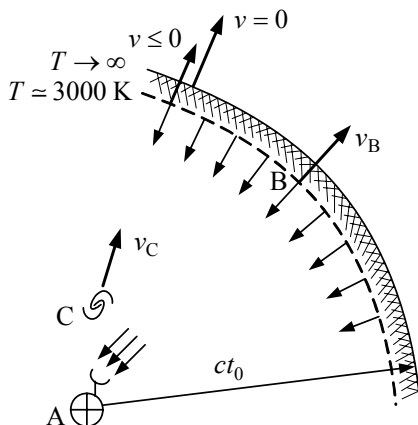


Рис. 5.3. Схема расширения Вселенной и распространения реликтового излучения

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 по-

глощается. 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

нат, 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 скорости 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 годовые 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 про-

являются 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 запутала 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 первоначального положения. Как он движется в пределах этих периодов, не имеет значения. И хотя известно, что движение маятника далеко от рав-

номерного, 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 применяют 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, независимое от флуктуаций дви-

жения 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 длительнее 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, по-

нятие 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, воздействующие 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 време-

ни, 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. Концептуально «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 события, 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 одновременности, 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 рас-

смаывать 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, производность 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 опреде-

ления 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 флуктуациях 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 существованием 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 са-

мым 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, находящихся 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, следует, 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 вре-

мя, 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 невременной 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 вре-

менность, 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 самим 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 наследие метафизического материализма и рецидивы на-

турфилософии, 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 време-

ни 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 природной 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 материально-

го 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 бикompактное, разрывное и регулярное, индуктивно нуль-мерное, нормальное, квазинормальное, наследственно нормальное, связное, несвязное, паракompактное, 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 соотнесение 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 неперенным 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 нисколько 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 двумерную 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 вопросов, 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 непонятным, как и во времена Аристотеля, как и во все другие времена. Человеческий гений не раз-

решил 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 человечеству 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 неизменным, 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 физике или матема-

тику. Оно может быть всем чем угодно, ибо его не существует, а все несуществующее — многообразно, ибо умозрительно.

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 периодиче-

ского 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: «наукообразных» 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, протя-

женность, 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 реальной 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 неве-

жества! Seriously 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 измеримых 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, дви-

жется 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 удач-

ное 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 двигать-

ся, 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 отыскивали 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 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 по-

беду, 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.

ГЛАВА 7

ГРАВИТАЦИЯ

7.1. ИСТОРИЯ ВОПРОСА

7.1.1. Свободно падающие тела

Греки знали, что Солнце, Луна и все планеты движутся, отставая от вращающегося звездного неба, и поэтому распределяли светила в соответствии со скоростями их движения.

В пифагорейской системе в течение суток движение Солнца и планет совершается с востока на запад, в соответствии с вращением сферы неподвижных звезд, а годовое движение Солнца и планет — в противоположном направлении.

Сегодня известно, что причина этого явления — в движении Земли. Но Земля пифагорейцев была неподвижной. И вот нашелся смельчак Филолай, ученик и последователь Пифагора, который решился сдвинуть Землю и заставить ее вращаться. Филолай учил: «Мир един и начал образовываться от центра». Он, в отличие от предшественников, в центре помещал не Землю, а некий Центральный огонь — очаг Вселенной, за которым присматривала богиня Гестия. Вокруг вели хороводы десять божественных тел: небо неподвижных звезд, пять планет, Солнце, Луна, Земля и Противоземля.

Осторожные последователи Филолая Противоземлю упразднили, Землю вернули в центр Вселенной, а небесный огонь поместили внутрь Земли. Единственное, что они ей оставили, так это ее суточное вращение.

К концу IV века до нашей эры философ школы перипатетиков Гераклид Понтийский предложил иную модель мира. Наблюдая, как Меркурий и Венера постоянно обращаются возле Солнца, Гераклид провозгласил, что Земля вращается вокруг своей оси, а Солнце, хотя и обращается вокруг Земли, но имеет собственных спутников — Меркурия и Венеру. Эта схема близка к гипотезе Аристарха Самосского — несостоявшегося взлета гелиоцентризма.

Аристарх Самосский жил в Александрии. Сведения о нем в истории также очень скудны. Известно лишь, что он преподавал в Мусейтне в период правления первых трех Птолемеев, примерно с 310 по 230 год до нашей эры и написал много работ. До нас дошла одна из них «О величине Солнца и Луны и о расстоянии между ними». Аристарх первым в истории Древнего Мира утверждает, что Солнце во много раз больше Земли. По-видимому, это предположение повторяло наполовину гелиоцентрическое учение Гераклида и сыграло роль в зарождении у него новой идеи об устройстве мира. Аристарх построил первую гелиоцентрическую модель [150, с.13].

Но революции в астрономии не произошло, и эра гелиоцентризма не наступила на 1800 лет раньше идей Н. Коперника.

7.1.2. Гравитация

Несомненно, много тысячелетий назад люди замечали, что большая часть предметов падает все быстрее и быстрее, а некоторые падают равномерно. Но как именно падают эти предметы — такой вопрос никто не задавал. Откуда у первобытных людей должно было появиться стремление выяснить: как и почему? Если они вообще размышляли над причинами или объяснениями, то суеверный трепет сразу же заставлял их думать о «добрых» и «злых» духах. Легко представить, что эти люди с их полной опасностей жизнью считали большую часть обычных явлений — «хорошими», а необычные — «плохими».

В процессе развития цивилизации великие мыслители делали попытку объяснить окружающий мир — неодушевленную природу, живые существа и даже мысли человека — с помощью набора правил и утверждений. Почему они это делали — вопрос трудный.

Все люди в своем развитии проходят много ступеней познания: от бессмыслицы суеверий до научного мышления.

По мере своего развития человечество приобретало не только знания, но и предрассудки. Профессиональные секреты и традиции ремесленников уступили место организованному познанию природы, которое шло от авторитетов и сохранялось в признанных печатных трудах. Это было началом настоящей науки. Из опыта с падающими телами было выведено правило: свободное падение всех тел происходит одинаково, независимо от размера и материала, из которого сделаны тела.

На раннем этапе изучения свободного падения интерес к движению брошенных и падающих тел рос вместе с совершенствованием оружия. Применение копий, стрел, катапульт и других «орудий войны» позволило получить первые примитивные и туманные сведения из области баллистики, хотя они и имели больше форму рабочих правил, нежели научных познаний.

Древнегреческий философ и ученый Аристотель, ученик Платона, основал замечательную философскую школу и написал много книг. Его труды служили неисчерпаемым источником познания в течение многих столетий.

Размышления о нашем месте в мире тесно связаны с научным познанием мира, поэтому великие философы изучали естественные науки и оказали влияние на их развитие.

Аристотель унаследовал общую философскую концепцию Платона, который выдвинул утверждение, что реально существуют только прообразы, или идеальные формы. Аристотель и его последователи стремились объяснить, почему происходят те или иные явления, не всегда заботясь о том, чтобы увидеть, что происходит и как происходит. По Аристотелю причина падения тел — стремление тел найти свое естественное место на поверхности земли.

Авторитет Аристотеля сохранялся до XVII столетия, когда итальянский ученый Галилей открыто выступил против него. К тому времени многие стали сомневаться во взглядах Аристотеля на земное тяготение и движение.

Галилей одним из первых способствовал продвижению науки на ту новую ступень развития, где критическое мышление и фантазия ученого соединились с экспериментом в единое содружество теории и эксперимента. Галилей обобщил имевшиеся сведения и представления, критически их проанализировал, описал и начал распространять то, что считал верным. Он порвал с последователями Аристо-

теля, когда они не приняли его учения и с пренебрежением отнеслись к изобретенному им телескопу. Галилей обрушился с язвительными нападками на всю их научную систему, противопоставив ей свою собственную механику. Он расчистил нагромождения, мешавшие ясному мышлению, и положил в основу своей теории реальный эксперимент, причем не всегда опирался в своих выводах на собственные опыты, а чаще на опыты более ранних исследователей.

В противоположность последователям Аристотеля, утверждавшим, что «тела падают со скоростью, пропорциональной их весу», Галилей показал, что плотные предметы, для которых сопротивление воздуха несущественно, падают почти с одинаковой скоростью. Предположив, что произошло бы в случае свободного падения тел в вакууме, Галилей вывел законы свободного падения для идеального случая:

1. Все тела при падении движутся одинаково: начав падать одновременно, они движутся с одинаковой скоростью.
2. Движение происходит «с постоянным ускорением», темп увеличения скорости тела не меняется, т.е. за каждую последующую секунду скорость тела возрастает на одну и ту же величину.

7.1.3. Почему тела притягиваются

Аристотеля интересовал ответ на вопрос, поставленный в начале параграфа: «Почему тела падают?» Ответом на этот вопрос могут служить рассуждения Э. Роджерса [151, с.32]. Если вы скажете: «Вследствие гравитации или земного притяжения», — то не будет ли это означать, что вы просто прячетесь за длинное слово? Слово «гравитация» — латинского происхождения и означает — «тяжелый» или «весомый». Вы говорите: «Тела падают, потому что они весят». Почему же тела весят? Если вы ответите: «Вследствие силы тяжести», — то это будет замкнутый круг. Если вы ответите: «Потому что Земля притягивает их», — то следующий вопрос будет: «Откуда вы знаете, что Земля продолжает притягивать тела, когда они падают?» Любая попытка доказать это, применяя какое-либо приспособление для взвешивания во время падения, приводит к неудаче. Вам, возможно, придется сказать: «Я знаю, что Земля притягивает их, потому, что они падают», — и вы снова вернетесь к началу... Действительно, физика не объясняет тяготения, она не может

установить его причину, хотя может сообщить о нем кое-что полезное. Общая теория относительности дает нам возможность представить себе тяготение в новом свете, но по-прежнему не устанавливает его первопричины. Мы можем сказать, что тела падают, потому что их притягивает Земля, но когда мы хотим объяснить, почему Земля притягивает тела, то все, что мы можем в действительности сказать, это: «Просто потому, что притягивает. Так устроена природа».

Галилей практически подошел к представлению о количестве вещества, которое называется массой, но окончательно это было сформулировано Ньютоном. А пока земное тяготение — это таинственная сила, которая притягивает все тела.

Считается, что вопросы о первопричине относятся к компетенции философии. Однако философия в своих мировоззренческих исследованиях первопричин значительно больше уделяла внимание не тяготению, а проблемам и сущности времени. Поэтому на сегодняшний день тяготение остается «загадочным и привычным» [152] и не снимается вопрос о его сущности.

7.2. ГРАВИТАЦИОННАЯ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

Все главное, связанное с именем великого Ньютона (1643–1727), знакомо каждому со школьных лет: знаменитые законы динамики, закон всемирного тяготения, создание (одновременно с Лейбницем) новых математических методов — дифференциального и интегрального исчислений, ставших фундаментом современной высшей математики, изобретение телескопа-рефлектора, открытие спектрального состава белого цвета... Все свои великие открытия он сделал в молодые годы, в 1665–1667 гг. (спасаясь в родной деревушке Вулсторпе под Лондоном от чумы, свирепствовавшей в городах Англии). В математике и физике — механике, оптике и других ее разделах, — наконец, в самом стиле научного мышления, в методах исследования природы более столетия господствовало направление, известное под именем ньютоновского.

В основе ньютоновского метода лежит экспериментальное установление точных количественных закономерных связей между явлениями и выведение из них общих законов природы методом

индукции, т.е. переходом от приближенных выводов из конечного числа конкретных наблюдений к предельным, абстрагированным от частных точным законам. Развитие этого индуктивного метода начал Галилей. Ньютон довел его до логического завершения. Вразрез с многовековыми традициями в науке и, казалось бы, с главной целью ученого, Ньютон впервые сознательно отказался от поисков «конечных причин» явлений и законов и ограничился, в противоположность картезианцам, точным изучением количественных проявлений этих закономерностей в природе. В этом Ньютон был близок к Птолемию.

На новом этапе развития знаний Ньютон обобщил в своей универсальной (но лишь феноменологической, т.е. разъясняющей механизм явления) теории тяготения новые астрономические, физические и геофизические факты. В качестве отдельных элементов в его теорию гравитации вошли открытые Кеплером на базе гелиоцентрической системы Коперника кинематические законы планетных движений, открытые Галилеем закономерности прямолинейного движения тел под действием сил (динамика), теория центростремительной силы, возникающей при криволинейном движении, построенная Гюйгенсом.

Для математического описания, сведения в единую систему всех этих движений и взаимодействий тел самого различного рода, качеств, масштабов Ньютон (который, как и древнегреческие физики, для описания явлений пользовался главным образом геометрическими методами) впервые объединил число, геометрическую фигуру и движение.

Свой метод расчета механических движений путем рассмотрения бесконечно малых приращений величин — характеристик исследуемых движений — Ньютон назвал методом «флюксий» и описал его в сочинении «Метод флюксий и бесконечных рядов с приложением его к геометрии кривых» (закончено в 1671 г., полностью опубликовано в 1736 г.). Вместе с методом Лейбница он составил основу современных дифференциального и интегрального исчислений. В математике Ньютону принадлежат также важнейшие труды по алгебре, аналитической и проективной геометрии и др.

С именем Ньютона связано открытие или окончательная формулировка основных законов динамики: закона инерции; пропорциональности между количеством движения (mv) и величиной движущей силы (F); равенства по величине и противоположности

по направлению сил при центральном характере взаимодействия. Вершиной научного творчества Ньютона стала его теория тяготения и провозглашение первого действительно универсального закона природы — закона всемирного тяготения. Древняя идея взаимного стремления тел друг к другу, трактовавшегося даже как проявление «любви» между ними, освободилась благодаря Ньютону и от антропоморфности, и от мистической характеристики как принципиально непознаваемого «скрытого качества». В теории Ньютона тяготение стало эмпирически обоснованным постулатом, утверждавшим, что эта сила универсальна и проявляется между любыми материальными частицами, независимо от их конкретных качеств и состава, и всегда пропорциональна их массам и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Физическая идея тяготения формулировалась до Ньютона в трудах Кеплера, Гассенди, Буллиальда, Гюйгенса, Роберваля, Гука, Галлея (недаром Ньютон сказал, что он опирался на плечи гигантов). Гук, а за ним Галлей даже утверждали обратную квадратичную зависимость притяжения от расстояния между телами. Но лишь гению Ньютона оказалось под силу объединить качественную идею тяготения с точным математическим расчетом и наблюдением. Идея превратилась в точный универсальный закон действия центральных сил лишь после того, как Ньютон показал неразрывную связь, взаимообусловленность законов Кеплера и закона изменения действия силы тяготения обратно пропорционально квадрату расстояния. Законы движения планет перестали быть эмпирическими правилами. Эта их роль была передана более глубокому уровню свойств материи — всемирному тяготению, которое, в свою очередь, стало рассматриваться как эмпирическое правило (и оставалось таковым более двух веков, до создания новой теории тяготения Эйнштейном). Причину и природу тяготения Ньютон не считал возможным обсуждать за неимением на этот счет достаточного количества фактов. Поэтому и физику, построенную на ее основе, и физическую картину мира, завершённую Ньютоном, можно назвать феноменологической.

Объяснение существа гравитации впервые было дано в общей теории относительности А. Эйнштейна, которая по существу является обобщенной теорией тяготения.

Подход Ньютона к изучению явлений природы оказался исключительно плодотворным. Его теория тяготения была уже не общим

натурфилософским учением, а точным (и более чем на два века единственным) рабочим инструментом исследования окружающего мира, прежде всего движения небесных тел. Закон всемирного тяготения стал физическим фундаментом небесной механики. Дальнейшее развитие естествознания блестяще подтвердило этот закон в масштабах планетной, звездной и внегалактической Вселенной. С появлением общей теории относительности (обобщенной теории тяготения) лишь ограничилась область применения (вернее, проявления) этого закона в той простой форме, в какой он был выведен у Ньютона.

Из единого принципа — закона всемирного тяготения — Ньютон вывел в качестве простых следствий и уточнил при этом кеплеровы законы эллиптического движения планет и показал, что в Солнечной системе в общем случае движение ее членов может происходить по любому коническому сечению, включая параболу и гиперболу. На этом основании он сделал вывод о единстве законов движения комет и планет и включил впервые кометы в состав Солнечной системы. Ньютон дал математический (геометрический) метод вычисления истинной орбиты кометы по ее наблюдениям, что уже вскоре позволило Галлею открыть первую периодическую комету (комета Галлея). Разрозненные прежде и загадочные явления на Земле и на небе: приливы и отливы, сжатие планет (уже обнаруженное тогда у Юпитера), наконец прецессия — нашли четкое объяснение в единой теории всемирного тяготения Ньютона. Он весьма точно вычислил и величину прецессии — $50''$ в год, — выделив в ней солнечную и лунную составляющие. Новыми, подтвердившимися лишь после смерти Ньютона, были его выводы о сплюснутой у полюсов форме Земли (в отличие от господствовавшей тогда противоположной точки зрения Дж. Кассини).

Ньютону принадлежит и великая заслуга объяснения возмущенного движения в Солнечной системе как неизбежного следствия устройства этой системы. Чисто кеплеровское движение, определяемое действием одного центрального светила — Солнца, как показал Ньютон, обязательно будет нарушаться у планет и спутников из-за их взаимного воздействия друг на друга. Эти отклонения от некоего правильного движения еще задолго до открытия законов Кеплера были впервые обнаружены Птолемеем в движении Луны. Ньютон открыл в ее движении новые неравенства, иначе,

отклонения от кеплеровского движения — попятное движение узлов, годичное и параллактическое неравенства и др.

Другая часть необъятного научного наследия Ньютона стала фундаментом создания физической оптики и дальнейшего развития наблюдательной астрономии. Ньютон был тонким экспериментатором-универсалом: металлургом, химиком, но главным образом оптиком. Он, как и многие его современники, занимался шлифовкой линз для рефракторов и упорно искал форму объектива, свободного от аберраций, особенно от хроматической. Это привело его к открытию в 1666 году сложного состава белого света и к первым исследованиям преломления монохроматических лучей, которое оказалось зависящим от цвета луча. Последнее открыло Ньютону причину хроматической аберрации линзовых объективов. Сделав вывод о принципиальной неустранимости этого дефекта стеклянных объективов (что было верно для однолинзовых объективов), он, в поисках ахроматического объектива, изобрел в 1668 году отражательный зеркальный телескоп-рефлектор. Правда, у него были здесь неизвестные ему предшественники, высказавшие ту же идею: итальянец Эукки (1616 г.) и англичанин Грегори (1663 г.). Но именно Ньютон впервые довел идею до реализации — построил в 1672 году первый в мире рефлектор, к тому же особой оригинальной конструкции, которая известна как ньютонианская система. Этот маленький инструмент (с длиной трубы всего 15 см и диаметром объектива 2,5 см) уже позволил наблюдать спутники Юпитера и стал прародителем будущих могучих орудий зондирования глубин звездной, а затем и внегалактической Вселенной. За это изобретение Лондонское королевское общество избрало его своим членом в 1672 году.

Тогда же Ньютон изложил перед членами Королевского общества свою новую корпускулярную концепцию света. Итоговое сочинение «Оптика» он опубликовал в 1704 году.

Надо сказать, что в оценке его основополагающего труда по механике «Математические начала натуральной философии» (1687 г.) английская академия не проявила достаточной проницательности и без самоотверженного участия Э. Галлея этот величайший труд вряд ли бы увидел свет.

Несмотря на свой знаменитый девиз: «Гипотез я не измышляю», Ньютон как мыслитель крупнейшего масштаба не мог не задумываться и над предельно общими проблемами мироздания. Но и здесь

он применял метод индукции: не давая воли фантазии, анализировал прямые логические следствия уже установленных законов. Так, распространив на всю Вселенную закон тяготения, подтвержденный тогда лишь для Солнечной системы, Ньютон рассмотрел возможную структуру гравитирующей Вселенной при двух противоположных допущениях — конечной и бесконечной Вселенной. Он пришел к выводу, что лишь во втором случае материя могла существовать в виде множества космических объектов центров гравитации. В конечном же объеме все они рано или поздно слились бы в единое тело в центре мира. Таким образом, уже само наблюдение бесчисленных звезд (которые давно считались «солнцами») подсказывало мысль о бесконечности мирового пространства. Поэтому фундаментом для всех последующих гравитационных «ньютоновских» моделей Вселенной стало представление о бесконечном пространстве, в котором находятся бесчисленные материальные космические объекты, связанные друг с другом силой всемирного тяготения, определяющей характер движения этих объектов.

Ньютон задумывался и над проблемой происхождения такой упорядоченной Вселенной. Однако здесь он столкнулся с задачей, для решения которой еще не располагал научными фактами. Он первым отчетливо понял, что одних только механических свойств материи для этого недостаточно (впрочем, предшественником Ньютона в этом можно назвать Аристотеля). Ньютон также критиковал концепции атомистов-механистов, справедливо утверждая, что из одних только неупорядоченных механических движений частиц не могла возникнуть вся сложность мирового порядка и богатство существ в мире. Обнаружив неизбежность возмущений в движениях планет и спутников (т.е. отклонений от кеплеровых законов), которые могли иметь вековой характер, нарастая со временем, Ньютон в то время не имел никаких оснований для уверенности в устойчивости, сохранении уже имевшихся гравитирующих систем, например планетной. Оставалось прибегнуть лишь к некоей более могучей, чем тяготение, организующей силе, каковою в его эпоху мыслился разве что бог. Тайной оставалось и начало планетарного движения планет. Поэтому Ньютон допускал некий божественный «первый толчок», благодаря которому планеты приобрели орбитальное движение, а не упали на Солнце. Объяснив упорядоченное движение планет естественной физической причи-

ной — законом всемирного тяготения, он тем не менее вынужден был сделать вывод о необходимости время от времени подправлять расшатывающийся механизм планетных движений.

Потребовалось всего полвека развития науки и общего мировоззрения под воздействием открытий самого Ньютона, чтобы появились мыслители, категорически отвергнувшие идею божественного начального толчка и внесшие в естествознание идею естественной эволюции материи, в космосе определяемой силами гравитации. Первым из таких мыслителей был И. Кант.

Но, как это обычно бывает, в массе своей последователи Ньютона нередко отходили от подлинно глубоких идей самого Ньютона, забыв или вовсе не зная о его осторожных и тонких замечаниях. Подобно тому как в свое время поклонники Птолемея вульгаризировали его математическую модель мира, представляя его эпициклы и деференты действительно существующими материальными ободами и колесами, так и в XVII веке более сложная общезначимая картина мира, проступавшая перед мысленным взором Ньютона, хотя и не освободившаяся еще от религиозных покровов (вспомним Кеплера с его «мистическим» языком!), была конкретизирована и избавлена от недомолвок (в которых заключался порой глубокий смысл). Утвердилось представление о существовании бесконечного пустого межпланетного и межзвездного мирового пространства. Между тем Ньютон склонялся скорее к идее крайней разреженности мировой материи, не вызывающей заметного торможения планет. В пылу борьбы с картезианством утвердился и жесткий принцип дальнего действия — как передачи действия тяготения через пустоту и мгновенно, т.е. с бесконечной скоростью. Ньютон же считал необходимым наличие некоего передатчика этого действия, «агента», правда, опять таки допуская его, быть может, нематериальную природу. Но подобные «объясняющие» идеи уже не вдохновляли XVII век — век Просвещения, возрождающихся материалистических учений, набравшего темп экспериментального естествознания. На этом этапе развития научного познания наиболее эффективным оказался именно феноменологический подход в объяснении явлений, могучий индуктивный метод Ньютона. Именно феноменологическая, но опирающаяся на строгие количественные законы физика Ньютона определила новую гравитационную физическую картину мира, которая под именем

ньютонианской на два века стала основным направляющим и контролирующим фактором в развитии естествознания. На ее основе формировались все более сложные и совершенные модели Вселенной — астрономические аспекты картины мира, по мере накопления наблюдательных сведений о составе, структуре и свойствах ранее неизвестных и вновь открываемых космических объектов.

7.3. ТЕОРИЯ ГРАВИТАЦИИ ЭЙНШТЕЙНА

Специальная теория относительности Эйнштейна была создана в 1905 году, ее объектом стали тела, движущиеся с гигантскими скоростями. Она появилась на свет, когда понадобилось устранить кажущееся противоречие между классической ньютоновской физикой и новой теорией электромагнитного поля. Вернувшись снова к принципу относительности и отказавшись от возможности абсолютного покоя, Эйнштейн сумел сочетать казалось бы совершенно несовместимые условия — универсальность скорости света в пустоте и равноправие всех инерциальных систем отсчета — путем глубокого изменения наших представлений о пространстве и времени. Всякие изменения в представлениях о пространстве и времени требуют существенных корректировок в физике, куда больших, чем в других областях естественных наук, поскольку пространство и время образуют тот самый помост, на котором разыгрываются и описываются физические процессы.

Необходимость пересмотра представлений по-разному проявляется в различных областях науки. Исследования тайн природы всегда происходит на совершенно различных уровнях по глубине и сложности.

Гравитация была краеугольным камнем ньютоновской теории физического взаимодействия, а наиболее внушительных успехов механика Ньютона достигла в объяснении наблюдаемых орбит планет и спутников в нашей солнечной системе. Но вся ньютоновская механика опирается на представление об универсальном времени; при этом предполагалось, что силы, с которыми Солнце и планеты действуют друг на друга, определяются только их взаимным расположением в одно и то же время.

Но почему бы несоответствие между относительностью времени и законом тяготения Ньютона не разрешить столь же просто,

как в электродинамике? Следовало бы ввести представление о гравитационном поле, которое распространялось бы примерно так же, как электрическое и магнитное поля, и которое оказалось бы посредником при гравитационном взаимодействии небесных тел, в согласии с представлениями теории относительности. Это гравитационное взаимодействие сводилось бы к ньютоновскому закону тяготения, когда относительные скорости рассматриваемых астрономических тел были бы малы по сравнению со скоростью света. Эйнштейн попытался построить релятивистскую теорию тяготения на этой основе, но одно обстоятельство не позволяло ему осуществить это намерение: никто ничего не знал о распространении гравитационного взаимодействия с большой скоростью, имелась лишь некоторая информация относительно эффектов, связанных с большими скоростями движения источников гравитационного поля — масс.

Поскольку величина источника тяготения существенно зависит от системы отсчета, в которой определяется ее значение, порождаемое массой поле должно быть более сложным, чем электромагнитное поле. Эйнштейн заключил поэтому, что гравитационное поле невидимо и представляет собой поле, описываемое большим числом компонент, чем электромагнитное поле.

Требовалась несколько иная точка зрения, чтобы однозначно перейти к релятивистской теории тяготения. Эйнштейн нашел такую новую точку зрения в принципе эквивалентности, согласно которому ускорение, приобретаемое телом в поле сил тяготения, не зависит от характеристик этого тела.

Первый принцип специальной теории Эйнштейна гласит, что все законы природы остаются неизменными во всех инерциальных системах отсчета, в которых тела, не испытывающие действия внешних сил, двигаются поступательно по прямой с постоянной скоростью.

Второй принцип специальной теории гласит, что любые взаимодействия могут распространяться лишь со скоростями, не превышающими скорости света в пустоте.

Теория относительности Эйнштейна нанесла тяжелый удар ньютонову закону всемирного тяготения. Оказывается, несмотря на вызванное им воодушевление, ньютонов закон тяготения все же неверен!? Эйнштейн, учтя требования теории относительности, видоизменил закон тяготения.

Согласно Ньютону, тяготение действует мгновенно. Это означает, что, сдвинув массу, мы мгновенно должны почувствовать изменение силы из-за смещения массы, т.е. таким способом можно посылать сигналы с бесконечной скоростью. А Эйнштейн выдвинул доводы, что невозможно посылать сигналы быстрее, чем идет свет. Следовательно, закон тяготения не совсем точен. Если исправить его, учтя запаздывание, то получим новый закон, закон тяготения Эйнштейна. По теории относительности Эйнштейна любой объект, обладающий энергией, обладает массой — массой в том смысле, что он должен тяготеть к другим объектам. Даже свет имеет массу, раз он обладает энергией. И когда луч света, неся с собой энергию, проходит мимо Солнца, то Солнце его притягивает, луч искривляется. Согласно теории Эйнштейна, свет отклоняется в поле тяготения Земли от первоначального направления — падает на Землю — на 10 метров в секунду. Но за секунду свет проходит 300 000 км, так что отклонение здесь неуловимо. Вблизи Солнца, где силы тяготения гораздо больше, свет отклоняется на несколько сот метров в секунду. Если луч звезды отклонится вблизи Солнца на такую величину, то наблюдателю на Земле звезда покажется смещенной по сравнению с точкой небосвода, где ее зафиксировали при отсутствии Солнца на пути луча. Предлагалось сфотографировать звезды около солнечного диска во время затмения и сопоставить данные с положением звезд при отсутствии Солнца, т.е. ночью. Наблюдения подтвердили теорию Эйнштейна.

Специальная теория относительности Эйнштейна была использована как инструмент для углубленного исследования многих физических явлений. Были предприняты попытки применить ее к тяготению. Но сам Эйнштейн довольно быстро пришел к выводу, что без коренных изменений теорию тяготения не создашь. Он много размышлял над тем, как развить специальный (частный) принцип относительности. Ведь главным для Эйнштейна в его частном принципе относительности было сохранение действия всех законов природы в инерциальных системах отсчета. Теперь он хотел найти способ распространить принцип относительности на все системы отсчета, в том числе и на неинерциальные, способ установить, что все законы природы действуют всюду при условии введения заранее установленных поправок на характер самих систем отсчета. Ему удалось решить и эту задачу. Для этого понадобилось положить в

основание новой общей теории относительности, кроме двух главных принципов ее предшественницы, еще и третий принцип — принцип эквивалентности. Экспериментальной основой принципа эквивалентности является равенство тяжелой и инертной масс.

Инерциальные системы отсчета — это системы отсчета, в которых справедлив закон движения Ньютона в форме

$$\frac{dp}{dt} = F,$$

где $p = mv$ есть импульс материальной точки. В такой системе тело, на которое не действует сила, находится в состоянии покоя или прямолинейного равномерного движения. Время, текущее в инерциальной системе отсчета, называется инерциальным временем.

Это определение сразу ставит перед нами ряд серьезных проблем. Что такое «прямолинейность»? Единственный имеющийся в нашем распоряжении эталон прямолинейности — это световой луч. Таким образом, мы должны заранее предположить, что луч света распространяется по прямой. Но всегда ли это справедливо? Как определить равномерность движения тела? Для этого нам потребуются инерциальная мера длины и инерциальные часы. Где мы можем их найти? Затронутые нами вопросы относятся к одной из фундаментальнейших проблем современной физики — проблеме измерительных процессов, с которой мы сталкиваемся в теории относительности, а также в квантовой теории. Процесс измерения теперь нельзя представлять, как это было сто лет назад, просто как сравнение измеряемого параметра с единицей измерения. Необходимо еще и точно учитывать условия, в которых производится измерение. Существует целая теория измерительных процессов. Не вдаваясь в подробности, можно сказать, что меру теперь нельзя рассматривать отдельно от измеряемого объекта; согласно Эйнштейну, следует основываться на выводах теории, учитывающей совместно измеряемый объект, меру, способ измерения и т.п. Но доказать правильность теории можно лишь посредством измерений, производимых на основании этой самой теории — где же выход из заколдованного круга? Откровенно говоря, эта проблема еще не получила окончательного разрешения.

В теории относительности эта проблема решается в принципе так: предполагается существование инерциальных часов и мер дли-

ны на бесконечном удалении от гравитирующих масс; ими и пользуются при измерениях. На практике, конечно, выбор инерциальной системы можно осуществить лишь в каком-то приближении.

Самыми точными из известных нам часов являются атомные часы, основанные на использовании узких линий в спектре излучения, а в качестве инерциального масштаба используют постоянство скорости света в вакууме.

Все реальные системы отсчета в природе являются неинерциальными. В них не выполняются условия, сформулированные для инерциальных систем. Эйнштейн, начиная работу над общей теорией относительности, не избежал ошибок, связанных с неопределенностью, которая заключена в самой сути этого принципа. Это касается, прежде всего, некоторой путаницы между общим принципом относительности, принципом эквивалентности инертной и тяжелой масс (или эквивалентности гравитационного и кинематического ускорений) и принципом Маха.

Из специальной теории относительности следует, что такого понятия, как абсолютная скорость инерциальной системы, не существует, поскольку нет никакой естественно неподвижной системы отсчета (например, эфира). Так как физические процессы в движущихся относительно друг друга инерциальных системах протекают одинаково (при одинаковых краевых и начальных условиях), все инерциальные системы физически эквивалентны и ни одной из них нельзя отдать предпочтение перед другими.

7.3.1. Общая теория относительности Эйнштейна

Специальная теория относительности вызвала тысячу открытий — согласованных, вдохновенных, но и резко отвергаемых. Еще когда спор был в разгаре, Эйнштейн приступил к ее обобщению. Два недостатка побудили его к этому. Первый, очевидный, состоит в том, что эта теория ничего не говорит о гравитации, этом общем, согласно закону Ньютона, притяжении масс. Правда, думали, что этот недостаток можно устранить рядом остроумных добавлений, но они, в конце концов, оказались искусственными и противоречащими опыту. Второй — это отсутствие обратного действия со стороны тел на направляющую систему, тогда как, вообще говоря, в физике каждому действию (в данном случае направляющего по-

ля) на тела соответствует противодействие. Побуждаемый этим неприятным чувством, Эйнштейн за семь лет (1908–1915) создал общую теорию относительности. За исходное он выбрал закон равенства инертной и тяжелой масс.

Понятие массы вводится в ньютоновской механике дважды. Во-первых, масса входит в уравнение движения как мера сопротивления, оказываемого телом ускорению под действием силы; здесь она является инертной массой. Во-вторых, она входит в ньютоновский закон притяжения, поскольку в нем сила тяжести между двумя телами принимается прямо пропорционально их массам; здесь она уже является тяжелой массой. Еще Галилей, затем Ньютон и многие другие со все возрастающей точностью экспериментально доказали, что обе массы равны между собой. Но в механике этот факт не закрепился. Закон тождества обеих масс был для нее приделком, без настоящей внутренней связи; она могла существовать и без этого закона. Эйнштейн, наоборот, сделал его основной опорой своей теории относительности. Искомое обратное воздействие тела на направляющее поле должно быть связано с ним. Но это был и единственный маяк, который опыт поставил для освещения пробиваемого пути. В остальном направляющим компасом служила математика; этот компас в какой-то степени мог обеспечить сохранение правильного пути, но ни в коем случае не был достаточен для однозначного установления самого пути. Эйнштейн в конце концов нашел этот путь, но не без случайных обходных и ложных ходов. То, что он вообще достиг этого, — его величайшее творение, вряд ли имеющее себе равное во всей физике.

Правда, с самого начала ему пришлось принести тяжелую жертву: отказаться от евклидовой геометрии трехмерного пространства, а с ней и от псевдоевклидовой геометрии «мира». Она была слишком жесткой, недостаточно гибкой, чтобы удовлетворить всем выше поставленным требованиям. В математической литературе он нашел уже начала трехмерной неевклидовой геометрии.

В 1854 году гениальный геттингенский математик Бернгард Риман заложил ее основы, а Эльвин Кристоффель, Григори Риччи и другие математики завершили ее построение. Несмотря на это, Эйнштейн вынужден был добавить кое-что и математическое, независимо от обобщения на четыре мировых измерения. Наиболее существенное здесь заключалось в том, что теорема Пифагора

справедлива только в бесконечно малом, а уже не в целом. Поэтому не существует и параллельных прямых; вообще понятие прямой было заменено понятием геодезической, которая, как «наиболее прямой» путь между двумя точками, наиболее близко примыкала к понятию евклидовой прямой. Здесь нет преимущественных координатных систем, подобных системам специальной теории относительности. Вообще координаты, от которых нельзя отказаться при решении математических задач, не имеют никакого физического смысла; они вырождаются просто в названия для мировых точек. Лишь при определении расстояния между двумя мировыми точками проявляются те математические величины, которые характеризуют геометрию. Они меняются от места к месту; на этом основаны отклонения от евклидовой или псевдоевклидовой геометрии и большая приспособляемость неевклидовой геометрии Римана.

7.3.2. Уравнения поля тяготения

Центральное место в общей теории относительности занимают эйнштейновские уравнения поля [1], позволяющие вычислить эти отклонения по распределению и движению масс в природе. В них выражено искомое противодействие тел направляющему полю. Но в тех же отклонениях эта теория видит и способ определения поля силы тяжести. Эта двойственность удостоверяет равенство инертной массы, являющейся действием направляющего поля, и тяжелой массы, определяющей тяготение. К этому необходимо еще добавить, что уравнения поля содержат и общую механику. В отличие от всех прежних концепций сила тяжести уже не относится к тем силам, которые находятся в конфликте с действием направляющего поля, а сама является выражением этого действия. Тело движется свободно, когда на него действует только тяготение. В этом случае его мировая линия является геодезической.

Здесь сплавлены в одно целое две большие области физики, гравитация и механика, ранее связанные лишь внешне; это означает, что достигнуто грандиозное упрощение основ этой науки. Одновременно с созданием геометрии мира находит себе полный ответ и вопрос о смысле измерения пространства и времени. Сам Эйнштейн именно в этом видел значение своих уравнений поля.

Он поставил себе еще вопрос — не был ли принесен в жертву еще какой-нибудь достоверный результат старой физики? Не от-

вергается ли специальная теория относительности тем, что теперь уже нет преимущественных систем отсчета?

Одно из положений неевклидовой геометрии гласит, что для каждой точки рассматриваемого континуума можно ввести так называемые геодезические координаты, которые в ограниченной области вокруг этой точки играют с хорошим приближением ту же роль, что и в евклидовой геометрии. Неевклидовый характер этой геометрии проявляется лишь при рассмотрении больших областей. В применении к теории относительности это положение утверждает, что в ограниченных пространственно-временных областях можно оперировать инерциальными системами специальной теории относительности. А границы, по данным всех опытов, так сильно удалены, что даже физика нашего Млечного Пути согласуется с этим для всех доступных нашим опытам интервалов времени. При этом мы пренебрегаем теми небольшими отклонениями от евклидовой геометрии, которые наблюдаются вблизи больших центров гравитации, например Солнца.

Но инерциальные системы, оставляемые с указанным ограничением общей теории относительности, обладают одним новым признаком: они обязательно свободны от гравитации. Говоря математически, при переходе к геодезическим координатам мы устраняем гравитацию. Как осуществление подобной инерциальной системы, можно привести часто цитируемый Эйнштейном пример лифта, оторвавшегося от троса и падающего свободно. Что в нем не наблюдаются силы тяготения, уже не ново. Поэтому в нем, например, горящая свеча гаснет, поскольку пламя без силы тяжести не может существовать. В нем пути свободного тела и светового луча точно прямые. Старая физика допускала в инерциальных системах действия силы тяжести. Здесь общая теория относительности вносит поправку. Значит, в смысле этой теории, коперниковская система отсчета, которую астрономия применяет в теории движения планет, не является инерциальной, несмотря на незначительность изменений, вносимых общей теорией относительности в ее метрику, по Шварцшильду.

7.3.3. Следствия из уравнений поля

Для изменяющихся со временем гравитационных полей, математические исследования показывают, что ньютоновский закон

притяжения выполняется достаточно точно. Поэтому для них с хорошим приближением выполняются и законы Кеплера для движения планет, которые в свое время Ньютон вывел из своего закона притяжения. Только для близкого окружения Солнца (и каждого тела подобной массы) в какой-то мере сказываются упомянутые отклонения геометрии мира от евклидовой, выведенные Шварцшильдом из уравнений поля. Именно там имеют место те три эйнштейновских эффекта, которые, несмотря на их малость, дают хорошее подтверждение общей теории относительности.

Это, во-первых, так называемое движение перигелия Меркурия, наиболее близкой к Солнцу планеты. По Кеплеру, его орбита, как и каждой другой планеты, представляет собой эллипс, в одном из фокусов которого находится Солнце. По общей теории относительности эта орбита не постоянна относительно астрономической системы отсчета, а сама медленно вращается вокруг Солнца. Эйнштейн вычислил, что угол вращения за столетие составляет 42 дуговых секунды в хорошем согласии со старыми, непонятными до тех пор астрономическими наблюдениями.

Следующим доказательством отклонения геометрии мира от евклидовой является изгибание световых лучей в сторону Солнца при их прохождении вблизи Солнца. Хорошо известно, что оно несколько раз наблюдалось при полном солнечном затмении, первый раз — в 1919 году А.С. Эддингтоном во время британской экспедиции в Южную Америку. Теория дает для звезд вблизи края Солнца угловое отклонение в 1,74 дуговых секунды. Измерения еще немного отличаются от этого, частично в большую, частично в меньшую сторону, так что эмпирически оно еще не установлено окончательно.

Третье требование общей теории относительности — чтобы при прохождении света близ большого небесного тела длина волны спектральных линий была больше, чем у соответствующих спектральных линий земных источников, т.е. чтобы они были смещены к красному концу видимого спектра. Это смещение прежде всего искали на Солнце, но на его поверхности столько различных проявлений, могущих вызвать смещение, что нельзя выделить гравитационный эффект. Более благоприятны условия у тех неподвижных звезд, у которых вследствие аномально малого диаметра гравитационное действие на поверхности существенно больше; это так называемые белые карлики. У них гравитационное красное смещение установле-

но вне всякого сомнения. Значит, с экспериментальной точки зрения общая теория относительности не встречает никаких возражений.

Из этих примеров видно, как малы отклонения геометрии мира от евклидовой даже вблизи самых больших неподвижных звезд. Эйнштейн однажды дал им наглядное объяснение, сравнив их с горами и долинами, отличающими действительную поверхность Земли от гладкого шара; однако даже эти отличия сравнительно незначительны. Но в настоящее время на повестку дня поставлено серьезное изменение наших космологических представлений. Пока трехмерное пространство считалось евклидовым, ему приписывалась неограниченная протяженность, ибо какие-либо ограничивающие поверхности противоречили нашему *a priori* данному представлению о пространстве. В этом есть что-то не удовлетворяющее, ибо разбивает всякую надежду когда-либо охватить как единое целое все события в природе. Тогда вообще нет такого единого целого; как бы далеко ни распространялись наши познания, за каждой границей еще всегда остается бесконечно много неизвестного. Если же наше трехмерное пространство обладает неевклидовой геометрией, то существует по крайней мере возможность представлять себе его как замкнутое в себе пространство, нечто вроде шарового пространства, не имеющего граничных поверхностей и тем не менее конечной величины (шаровая поверхность не имеет граничных линий и все же ее площадь конечна). Как в нем ни передвигайся, всегда можно вернуться к исходной точке, если только идти прямо достаточно далеко. Уравнения поля Эйнштейна допускают эту идею при предположении, что материя повсюду распределена равномерно. Такое предположение не совсем точно. Но если выбрать достаточно большой масштаб, по отношению к которому покажутся малыми даже расстояния между соседними галактическими системами, то это предположение вполне будет соответствовать современным астрономическим познаниям.

В 1917 году Эйнштейн на основе своих уравнений поля развил представление о замкнутом пространстве с постоянной во времени и пространстве кривизной. Вопреки этому, в 1922 году А. Фридман на основе этих же уравнений указал такое же пространство, но с увеличивающимся во времени радиусом кривизны. То, что тогда представлялось чисто математической спекуляцией, приобрело большой физический смысл, когда калифорнийский астроном

Хаббл в 1928 году из спектральных наблюдений самых далеких достижимых туманностей пришел к выводу, что все эти туманности удаляются от нашего Млечного Пути, причем тем быстрее, чем сильнее они уже удалены. При этом известны скорости до $1/5$ скорости света. Это точно соответствует теории Фридмана. И количественно она дала хорошо согласующиеся с опытом результаты. Из этих астрономических наблюдений пришли, например, к выводу, что возраст сегодняшней Вселенной около 4,5 миллиарда лет, тогда как исследования радиоактивности на совершенно другой основе дали 4,3 миллиарда. Учитывая большие экстраполяции, которые делаются в обоих случаях, совпадение следует признать прекрасным.

Сейчас большинство физиков, исследующих гравитацию, придерживается общей теории относительности, порядком постаревшей, но не устаревшей и бурно развивающейся. Конечно, есть у этой теории конкурентки, другие теории тяготения. Но сторонники геометродинамики Эйнштейна чувствуют себя очень уверенно. Авторы трехтомного труда «Гравитация» Мизнер, Торн и Уиллер, вышедшего на русском языке в 1977 году, полагают, что в теориях-конкурентках нуждается сама теория относительности, нуждается примерно так же, как красавица — в подружках-дурнушках, на фоне которых ее прелести только выигрывают. Авторы книги слегка кокетничают: «Эксперимент проводился за экспериментом, и одна за другой отпадали гравитационные теории, становясь жертвами наблюдений, а эйнштейновская теория осталась непоколебимой. Вопрос: зачем в таком случае заниматься изучением других теорий гравитации? Ответ: чтобы с чем-то сравнивать эйнштейновскую теорию при ее проверке и более конкретно оттенять ее преимущества».

Трое физиков пропели настоящий гимн в честь геометродинамики Эйнштейна, продержавшейся вопреки всем атакам более семидесяти лет. В разное время рядом с нею возникали десятки других теорий гравитации, жили бок о бок, развивались, честно служили науке, делали предсказания — и в большинстве случаев уходили в Лету, потому ли, что им не хватало жизненной силы для борьбы на равных, или потому, что новые факты разрушали прочные в виду построения.

Соревнование теорий, если сравнивать его со спортивными состязаниями, надо уподоблять не футбольному турниру или матчу боксеров; нет, спор за первенство между научными идеями похо-

дит скорее на встречу штангистов. Побеждает учение, способное поднять большой груз; груз-то все время растет, каждый новый опыт, каждая новая порция вырванных у природы сведений о мире ложится добавочным стальным кружком на нашу придуманную штангу. Зато теория, объясняющая все новые и новые опыты, от добавочного груза каждый раз становится все сильнее. Иногда же последняя соломинка ломает спину верблюда, и теория сходит со сцены, как надорвавшийся штангист.

Именно это и произошло в последние годы с так называемой обобщенной теорией гравитации Бренса–Дике, рухнувшей под ударами экспериментов, а ведь ее считали наиболее серьезной соперницей геометродинамики Эйнштейна. Обобщенная теория гравитации предсказывала, в частности, что Солнце должно быть несколько сплюснутым, теперь же выяснилось, что оно с этим «не согласно». Стоит оговориться, что и теория Уайтхеда, и теории Бренса–Дике, и практически все теории гравитации, еще остающиеся жизнеспособными, взяли у теории относительности ее идейную основу и признают теснейшую связь материи с пространством, физики с геометрией. В определенном смысле слова все такие построения — дети общей теории относительности.

И все же, как бы она ни казалась жизнеспособной, ее ждет общий для всех хороших научных теорий конец. Она непременно станет частью другой теории, более точной, более глубокой, более широкой. Можно сказать, что у каждой физической теории есть своя ахиллесова пята, свое слабое место.

Достаточно самого беглого взгляда на историю физики, чтобы увидеть: каждую серьезную и признанную теорию ниспровергали или делали частным случаем другой теории, как правило, самые верные — и самые лучшие — ученики ее создателей. Не было гениев-невежд, приходивших со стороны с совершенно новыми идеями. Люди, воспитанные на Аристотеле и Птолемею, разрушили Вселенную, придуманную Аристотелем и Птолемею. Классической физике конца XIX века нанесли удар ученые, воспитанные корифеями этой самой классической физики.

И точно так же не противники, а последователи Эйнштейна заставят общую теорию относительности уступить место еще более прекрасной и могучей системе.

Какой именно?

Советский физик-теоретик А.Л. Зельманов сказал по этому поводу: «Из всех прогнозов самый верный состоит в том, что ни один прогноз не окажется верным».

Вероятно, в рамках новой системы нам станет яснее то, что Ньютон в своих мучительных размышлениях называл «причиной тяготения». Но можно не сомневаться, что не появится наглядной механической модели тяготения, о которой так мечтали ученые в прошлые века, а некоторые любители науки — и сегодня.

Новая теория долго будет более сложной для понимания нефизиками, чем общая теория относительности. Но очень возможно, сами физики будут находить ее более простой, чем геометродинамика Эйнштейна.

Своеобразным и универсальным явлением в природе является существование полей тяготения (или гравитационных полей) [155, с.30–36]. Характер поля тяготения устанавливается по законам движения тел в этом поле. Исходя из уравнения Ньютона

$$\frac{dp_\alpha}{dt} = -\frac{dU}{dr_\alpha}, \quad (7.1)$$

уравнения движения тел в слабом поле тяготения запишем как

$$m_i w = m_g g, \quad (7.2)$$

где $U = U(r_1, r_2, \dots, r_\alpha, \dots, r_n)$ — потенциальная энергия взаимодействия, являющаяся функцией координат взаимодействующих частиц; p_α — импульс материальной точки; w — ускорение; g — напряженность гравитационного поля; m_i — масса инертная, т.е. та масса, которая входит, например, в соотношение $p = mv$; m_g — масса тяжелая, играющая роль гравитационного заряда, создающего поле тяготения.

Основным свойством поля тяготения является одинаковость ускорений тел в поле данной напряженности g вне зависимости их от массы m . Получаем, что указанное свойство поля тяготения приводит к выводу

$$m_i = m_g, \quad (7.3)$$

т.е. инертная и тяжелая массы неотличимы, как говорят, эквивалентны.

Отмеченное свойство поля тяготения является исключительным. Заметим, например, что движущиеся в электростатическом поле заряды имеют ускорение

$$w = \frac{e}{m} E, \quad (7.4)$$

зависящее от отношения заряда к массе.

Экспериментальное подтверждение равенства (7.3) — опыты Этвеша — дает возможность провести существенную аналогию между рассмотрением движения тел в инерциальных системах отсчета при наличии гравитационного поля и описанием их движения с точки зрения неинерциальной системы отсчета в отсутствии поля тяготения.

Рассмотрим, например, движение в равномерно ускоренной системе отсчета. Свободно движущиеся в такой системе отсчета тела любой массы будут, очевидно, обладать относительно этой системы одинаковым постоянным ускорением, равным и противоположным ускорению самой системы отсчета. Таким же является движение в однородном постоянном гравитационном поле, например в поле тяготения Земли (на небольших участках его, где поле можно рассматривать как однородное). Таким образом, движение относительно равномерно ускоренной системы отсчета эквивалентно движению в постоянном однородном внешнем поле. Имея в виду также и общий случай, это обстоятельство именуют принципом эквивалентности.

Рассмотрим неинерциальную систему K' , равномерно вращающуюся относительно инерциальной системы K вокруг их общей оси Z . Построим окружность в плоскости $(X'Y')$ в системе K' с центром на оси вращения. При отсутствии вращения отношение длины окружности l к ее диаметру d было бы равно π . Но при вращении относительно инерциальной системы K все элементы длины, расположенные вдоль окружности, испытывают лоренцево сокращение по отношению к K , а элементы, расположенные вдоль диаметра (перпендикулярно к скорости), остаются неизменными. Следовательно, l/d будет отличаться от π . Мы видим, что геометрические соотношения в неинерциальной системе отсчета оказываются неевклидовыми, в противоположность тому, что имеет место в инерциальных системах. Если рассматривать два

экземпляра одинаковых часов (вращающихся вместе с K'): один на окружности, а другой в ее центре, то при наблюдении из системы K часы на окружности будут идти медленнее, чем часы в центре. То же самое должно, следовательно, происходить и с точки зрения K' . Таким образом, и свойства времени меняются при переходе к неинерциальной системе отсчета.

Применяя к рассмотренному принцип эквивалентности, т.е. положение о том, что всякая неинерциальная система отсчета равноценна инерциальной системе при наличии некоторого поля тяготения, мы можем сделать вывод, что всякое гравитационное поле является ничем иным, как изменением геометрических свойств пространства-времени.

Поскольку источником поля тяготения являются массы или энергии любых видов материи, то сами уравнения поля должны определять пространственно-временную метрику через плотность материи. Эти уравнения впервые были получены Эйнштейном.

Заметим, что гравитационное взаимодействие существенно только для тел с достаточно большой массой. Поэтому при исследовании поля тяготения приходится обычно иметь дело с макроскопическими телами. Из релятивистских уравнений тяготения для случая слабых полей и малых скоростей движения тел вытекает закон тяготения Ньютона: в поле на частицу с массой m_1 действует сила

$$F = -G \frac{mm_1}{r^2}, \quad (7.5)$$

где m — масса частицы, создающей поле; r — расстояние между частицами m и m_1 ; G — гравитационная постоянная, численно равная $6,67 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$.

Движения планет превосходно описываются теорией Ньютона. Поскольку скорости планет малы по сравнению со скоростью света, релятивистская теория тяготения приводит лишь к очень незначительным поправкам для орбит планет по сравнению с теорией Ньютона. Суть поправок такова: в то время как в ньютоновской задаче двух тел орбиты являются неподвижными в пространстве эллипсами, применение эйнштейновской теории приводит к тому, что эти эллипсы испытывают весьма медленное смещение, поворачиваясь в своей плоскости. Указанный эффект зарегистрирован в

астрономических наблюдениях. Рассмотрим явление распространения света в гравитационных полях. Это явление представляет собой наиболее яркое подтверждение концепции неевклидовости реального пространства-времени.

Сначала рассмотрим траекторию луча света в поле тяготения. Чем сильнее гравитационные поля, тем большей неевклидовостью обладает пространство, и становится ясным, что луч света, проходя вблизи тел, создающих поле, будет искривляться, ибо в неевклидовом пространстве свободная частица (в данном случае частица с массой нуль — фотон) движется непрямолинейно. Последнее вытекает из того обстоятельства, что расстояния и промежутки времени зависят от величины поля и имеют различные значения в различных точках пространства (в одной и той же системе отсчета).

Рассмотрим теперь изменение частоты света при его распространении в полях. Мы видели, что промежутки времени зависят от поля, а именно: чем сильнее гравитационное поле, тем медленнее ход часов, и наоборот. Другими словами, время течет по-разному в разных точках пространства. Теперь становится ясным, что луч света при распространении в пространстве будет изменять частоту, т.е. число колебаний в единицу времени. Так, при удалении от тел, создающих гравитационное поле, частота будет уменьшаться, при приближении к ним — увеличиваться.

Последние два эффекта также находят подтверждение в астрономических данных.

Так как описанные выше явления рассматривались релятивистской теорией тяготения для сравнительно небольших пространственно-временных областей мира, а в таких областях поля, вообще говоря, не могут быть сильными, то речь шла об очень слабых эффектах, сопутствующих протеканию известных явлений. При обсуждении вопроса о структуре и развитии Вселенной, рассматриваемой в очень больших масштабах (космологическая проблема), роль релятивистской теории тяготения становится определяющей.

В теории тяготения, учитывающей наличие предельной скорости c , физическое пространство является неевклидовым: наличие материи искривляет его. Кривизна зависит от плотности ρ и движения вещества. Если предположить, что мир однороден и изотропен по своим свойствам, то оказывается, что существует некое критическое

значение плотности $\rho_{кр}$, от соотношения с которым плотности ρ зависит пространственная структура Вселенной как целого.

Если $\rho < \rho_{кр}$, то пространство бесконечно; при однородной плотности бесконечно и общее количество вещества, в том числе протонов и нейтронов, во Вселенной. Если же $\rho > \rho_{кр}$, то пространство является замкнутым и конечным (искривление его при больших плотностях приводит к самозамыканию). В таком искривленном замкнутом пространстве испущенный свет, обойдя все пространство, может вернуться в исходную точку.

Для пояснения того, что представляет собой замкнутое трехмерное пространство, воспользуемся аналогией с замкнутым двумерным пространством. Двухмерное пространство обычно называют поверхностью; поверхность сферы в трехмерном пространстве, с точки зрения двухмерного существа, представляет собой замкнутое двумерное пространство.

Итак, если в действительности $\rho > \rho_{кр}$, Вселенная представляет собой замкнутое трехмерное пространство. Его объем в каждый момент конечен; количество вещества, число барионов во всей Вселенной также конечно и имеет вполне определенную величину, не изменяющуюся с течением времени. Решения релятивистских уравнений тяготения в модели однородной и изотропной Вселенной (предположение об изотропности мира находит прямое наблюдательное подтверждение в свойствах изотропности реликтового излучения) приводят к двум возможным вариантам ее эволюции, зависящим от знака кривизны пространства, который определяется соотношением между суммарной плотностью энергии всех видов материи и параметрами движения вещества:

- 1) мир может только расширяться, если $G\rho - H^2 < 0$;
- 2) расширение мира должно смениться сжатием при $G\rho - H^2 > 0$, где H — постоянная Хаббла.

Астрономические наблюдения показывают, что в настоящее время Вселенная расширяется. Галактики не находятся в покое друг относительно друга; их относительные скорости движения увеличиваются пропорционально (коэффициентом пропорциональности является постоянная Хаббла) возрастанию расстояния между

ними («аналогично» возрастанию расстояния между двумя пылинками на поверхности раздувающегося мыльного пузыря). Максимальная скорость удаления, зарегистрированная для далеких галактик, составляет 0,3–0,4 предельной скорости c .

Таким образом, для решения фундаментального вопроса о дальнейшей судьбе мира как целого — будет ли расширяться Вселенная все время, или расширение прекратится и начнется сжатие, — нужно, в частности, знать усредненную по всему пространству плотность энергии всех видов материи, включая и самые трудно обнаруживаемые формы — от нейтрино и гравитационных волн до сколлапсировавших звезд.

Если в настоящее время Вселенная расширяется, то естественно считать, что в прошлом мир был более плотным. Из космологических решений уравнений гравитации и наблюдательных данных следует, что вся эволюция Вселенной от момента «бесконечной» плотности (дозвездного вещества) до сегодняшнего дня заняла определенное время τ , не более 10^{10} лет. Чем дальше от нас находится наблюдаемый объект, тем больше времени понадобилось свету для того, чтобы достичь наблюдателя. Значит, свет, наблюдаемый сегодня, был испущен раньше. Таким образом, наблюдению доступна в принципе материя на всех ступенях ее эволюции.

Открытые в последние годы совершенно необычные астрофизические объекты, так называемые квазары, находятся на расстояниях около 0,1 предельных космологических расстояний ct . Квазары обнаружены радиоастрономическими методами и впоследствии методами оптической астрономии. Скорости движения квазаров составляют 0,5–0,7 c , их масса — порядка массы крупных галактик, а размер — в миллион раз меньше галактического. Самое же поразительное в квазарах — это количество излучаемой энергии: оно в сотни раз превосходит излучение галактик. Заметим, что переменность (периодичность) светимости квазара указывает, что это не скопление звезд, а гигантская сверхзвезда. Количество зарегистрированных квазаров превосходит сотню.

В окрестности предельных космологических расстояний исследователи, по-видимому, смогут обнаружить дозвездное состояние вещества огромной плотности и температуры. Косвенные доказательства уже имеются: зарегистрировано так называемое реликтовое тепловое электромагнитное излучение.

В настоящее время неизвестно, превышает ли фактическая плотность всех видов материи во Вселенной критическое значение. Поэтому неизвестно также, является ли мир замкнутым. Не предпринимая ответа на этот вопрос, любопытно остановиться на особенностях законов сохранения в замкнутом мире.

Прежде всего, масса замкнутого мира должна быть нулевой, ибо вне мира ничего нет, в том числе и полей тяготения. Этот результат связан с гравитационным дефектом массы. Масса двойной звезды меньше суммы масс двух отдельных звезд (движущихся с той же скоростью) на величину энергии их гравитационного взаимодействия, поделенную на c^2 . Это уменьшение массы в принципе может быть обнаружено путем измерения гравитационного поля двойной звезды на большом расстоянии от нее. В случае замкнутого мира гравитационный дефект массы, соответствующий взаимодействию всех звезд и частиц, составляющих мир, в точности равен сумме масс всех звезд, частиц и т.д., взятых в отдельности, так что масса связанной системы — мира как целого — равна нулю.

Полученное утверждение ведет к тому, что равны нулю полная энергия и все компоненты импульса замкнутого мира. В результате закон сохранения энергии — импульса — вырождается в бессодержательное тождество $0=0$. Совершенно ясно, что и суммарный электрический заряд замкнутого мира также нулевой.

В области гравитации, как нигде, экспериментальная работа почти не отделима от наблюдательной.

Электромагнитное поле сравнительно большой мощности можно создать в лаборатории, лабораторных же концентраторов гравитации, увы, нет нигде, кроме фантастических рассказов. Нет пока способа создать мощное поле тяготения. Поэтому самым надежным и дающим самую большую долю информации о тяготении прибором остается Солнце, несмотря на то, что масса кажется исследователям гравитации слишком небольшой, а тяготение слишком незначительным. Эффекты, следующие из общей теории относительности, проявляются здесь довольно слабо. К тому же движение планет только теоретически представляет собой свободное падение «в чистом виде». Пустого пространства во Вселенной нет, а межзвездный газ оказывает сопротивление движущимся в нем телам. Нельзя сбрасывать со счетов и солнечный ветер — летящие от светила частицы, и световое давление, а также микрометеориты и т.п.

7.4. КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ ГРАВИТАЦИИ

Фундамент современной физики составляют частная и общая теории относительности. Эйнштейновская теория пространства-времени и гравитации — один из краеугольных камней этого фундамента. Другими фундаментальными теориями физики являются: квантовая теория, теория электромагнитного, слабого и сильного взаимодействий. Но материальный мир един, и составляющие его должны представлять единое целое. Многообразие составляющих — «не свойство природы, а характеристика современного состояния науки». Убежденность в единстве мира существует давно и явно ощущается в идеях первых теоретиков — Демокрита, Пифагора, Платона. Постепенно в общую физику объединились электричество, магнетизм, оптика, теплота.

Убежденность в единстве мира позволяет исследователям-теоретикам надеяться на создание единой теории мироздания. Поиск подобных теорий продолжается, и одной из возможных теорий является объединение гравитационной и квантовой физики.

Понятно, что речь идет о квантовой теории гравитации, в которой должны участвовать постоянные: c — скорость света, G — гравитационная постоянная, \hbar — постоянная Планка. Если осуществится создание $cG\hbar$ -теории, то это будет выдающимся событием в истории науки. Первые предложения сделал в этом направлении Матвей Петрович Бронштейн в 1935 году. В ней физические тела притягиваются, обмениваются квантами гравитационного поля — гравитонами [158, с.187]. Постоянные, о которых идет речь, участвуют в наиболее общих теориях, в том числе в квантовой теории и общей теории относительности. Впервые скорость света измерил О. Ремер. В середине XIX века было обнаружено, что свет — это электромагнитное явление, и скорость света стала составной частью в уравнениях Максвелла. Универсальность скорости света проявилась в специальной теории относительности, создание которой принадлежит Лоренцу, Пуанкаре, Эйнштейну и Минковскому. Таким образом, создание теории относительности, постоянство скорости света лишь проявление пространства-времени.

В закон всемирного тяготения Ньютона значение гравитационной постоянной не входило. Величину G измерил Ковендиш, про-

ведя эксперименты с шарами известной массы. Были попытки раскрыть механизм гравитации — найти механическое объяснение всемирного тяготения, объединение скорости света и гравитационной постоянной произошло в общей теории относительности (ОТО). Получившаяся cG -теория стала не просто релятивистской теорией гравитации, но и теорией пространства-времени. Стало известно, что в этой теории пространство-время искривляется в зависимости от состояния вещества и что состояние вещества зависит от кривизны пространства-времени.

Кривизна пространства-времени позволила охватить физической теорией наблюдаемый мир в целом — Вселенную, предсказать ее расширение и всерьез рассматривать ее рождение, а с другой стороны, обнаружить, что эта кривизна может ограничивать наблюдаемость катастрофически умирающих — коллапсирующих — звезд.

Расширяющаяся Вселенная и коллапсирующие черные дыры стали объединенным понятием, потому что предсказания, вытекающие из уравнений СТО, подтверждались растущим числом реально наблюдаемых объектов.

«Эйнштейновская cG -теория ожидает сейчас почетной участи всякой правильной теории — ждет, чтобы ее сменила еще более правильная теория, охватывающая более обширную область физической реальности» [158, с.187].

В докладе Макса Планка «О необратимых процессах излучения» в мае 1899 г. выдвинута гипотеза о том, что энергия может меняться отдельными порциями — квантами, величина которых определяется новой константой, названной позднее \hbar . С тех пор постоянная Планка стала символом микромира.

Планк обратил внимание на то, что из констант c , G , \hbar можно образовать физические величины любой размерности — длину, массу, плотность и т.д. Поэтому он предложил получающиеся таким образом величины считать естественными единицами измерения.

Отсюда получаем:

$$L_{\text{пл}} = \left(\frac{\hbar G}{c^3} \right)^{1/2} = 10^{-33} \text{ см};$$

$$\xi_{\text{пл}} = \frac{c^5}{\hbar G^2} = 10^{94} \text{ г/см}^3;$$

$$m_{\text{пл}} = \left(\frac{\hbar c}{G} \right)^{1/2} = 10^{-5} \text{ г.}$$

Сейчас есть основания считать планковские величины рубежами квантово-гравитационной физики.

В 1916 году Эйнштейн посвятил специальную работу гравитационным волнам. Ввести понятие гравитационной волны в теорию в общем случае искривленного пространства Эйнштейну не удалось. Однако он решил задачу в приближении слабого гравитационного поля, когда кривизна пространства-времени мала и воздействие искривленной геометрии можно приближенно заменить воздействием некоторого поля в плоском пространстве-времени. Приближение слабого поля охватывает большую область явлений: слабым оказываются и поле Земли, и поле Солнца, заставляющее Землю двигаться по ее орбите.

Когда Эйнштейн обнаружил, что планетная система рождает гравитационное излучение, он подумал о самых распространенных атомных системах, которые должны обладать «высвечиванием энергии». «Поскольку в природе в действительности ничего подобного не должно быть, — писал Эйнштейн, — то, по-видимому, квантовая теория должна модифицировать не только максвелловскую электродинамику, но также и новую теорию гравитации».

С начала 20-х годов XX века Эйнштейн и сочувствующим ему теоретикам стремились построить единую теорию поля.

В тридцатые годы к пониманию $cG\hbar$ -структуры фундаментальной физики ближе всех был М.П. Бронштейн. Основной его научный результат — работа по квантовой теории гравитации. В основном эта работа посвящена квантовой теории гравитации в приближении слабого поля — в том самом, в котором Эйнштейн получил описание гравитационных волн. В этом приближении, обходящемся без понятия искривленного пространства, гравитация имеет сходство с электромагнетизмом. Поэтому место квантов электромагнитного поля — фотонов — заняли гравитационные кванты, или гравитоны. Как показал Бронштейн, излучение гравитационных квантов в cG -пределе, когда постоянная Планка \hbar пренебрежительно мала, подчиняется эйнштейновской формуле гравитационного излучения. А в пределе ($\hbar \rightarrow 0$ и $c \rightarrow \infty$) квантово-гравитационное взаимодействие переходит в ньютоновский закон всемирного тяготения.

М.П. Бронштейн проанализировал возможность измерить гравитационное поле или, в силу СТО, измерить физические характеристики пространства-времени. И он обнаружил, что эта возможность принципиально ограничена: величины, описывающие геометрию пространства-времени, в $cG\hbar$ -теории нельзя даже иметь точно заданными, эти величины не наблюдаемы, а значит, и сама риманова непрерывная геометрия, лежащая в основе $cG\hbar$ -теории, имеет ограниченную применимость.

Именно тогда М.П. Бронштейн пришел к выводу, что построение полной $cG\hbar$ -теории потребует отказа от классической римановой геометрии «...а может быть, и отказ от обычных представлений о пространстве и времени и замены их каким-то гораздо более глубокими и лишенными наглядности понятиями». И в настоящее время имеются основания ожидать, что квантование гравитации будет лишь одним, хотя, может быть, и главным компонентом последовательной $cG\hbar$ -теории, что эта теория является единой теорией всех фундаментальных взаимодействий. Когда физики изучат пространство-время с точностью $L_{\text{пл}} = 10^{-33}$ см, они вместе с тем ответят на главный вопрос космологии о происхождении Вселенной.

Общая теория относительности как физическая теория является не квантовой и нуждается в обобщении на квантовую область, которая еще не доступна известным гравитационным экспериментам [159, с.48].

Интерес к проблеме создания квантовой теории гравитации не прекращается и растет с каждым годом. Ю.С. Владимиров считает, что причину неподдельного интереса к квантовой теории гравитации можно выразить следующими положениями [160, с.280–284].

1. Сингулярности в классической общей теории относительности. Сейчас стало ясно, что общее космологическое решение или, по крайней мере, решения, рассматриваемые сейчас как возможные приближения к реальной картине мира, имеют особенности. Другими словами, метрика пространственно-временного разнообразия регулярна лишь в течение ограниченного с той или иной стороны (или с обеих сторон) промежутка времени. В окрестностях этой особенности классическая общая теория относительности теряет силу — необходимо учитывать закономерности квантовой теории.

Дж. Уилер, например, считает, что ситуация в ОТО начала семидесятых годов напоминает положение в классической электродинамике 1910 года, когда было установлено, что атом состоит из ядра и вращающихся электронов, но с точки зрения классической электродинамики неизбежно падение электронов на ядро — коллапс [161]. Выход из противоречия состоял в квантовании атома. Сейчас кажется, что решение проблемы коллапса Вселенной — квантование ОТО. Более того, если квантовая механика строилась в обычном плоском пространстве, то квантовать Вселенную предлагается в суперпространстве.

2. Основные принципы физики требуют квантовой гравитации.

Во-первых, непоколебима вера в единство природы. Если все физические поля квантовые, то почему же гравитационное поле является исключением?

Во-вторых, если предполагать лишь классический характер гравитационного поля, то это допускало бы принципиальную возможность определения координат и импульсов частиц при помощи гравитационных взаимодействий более точно, чем это следует из соотношений неопределенностей, что ведет к несостоятельности всей квантовой теории.

В-третьих, никем не найдено непротиворечивого пути совмещения неквантовой левой части уравнений Эйнштейна

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = -\kappa T_{\mu\nu}$$

с квантовыми источниками справа. Квантовое поведение материи с необходимостью влечет за собой описание порожденного этой материей гравитационного поля также посредством амплитуд вероятностей.

В-четвертых, современное научное общественное мнение и ряд теоретических соображений говорят, что у гравитационного поля должны быть собственные степени свободы. А если это так, то они должны обмениваться энергией с прочей материей. Допущение, что эти степени свободы лишены квантовых свойств, представляется сейчас безумным.

3. Параллельное существование квантовой теории и ОТО ставит ряд вопросов о сути основных понятий классической физики. В частности, возникает необходимость ограничения области при-

менения таких понятий, как расстояние и время [162]. Действительно, из квантовой механики следует $\Delta x \geq \hbar/\Delta p$. При очень малых Δx имеем большое $\Delta p \sim \Delta E/c \sim \Delta mc$, т.е.

$$\Delta x \geq \frac{\hbar}{\Delta mc}.$$

Пусть мы измеряем расстояние с помощью пробной массы. Тогда, согласно ОТО, вблизи этой массы метрика близка к метрике Шварцшильда (т.е. $g_{00} = 1 - 2mk/(c^2 r)$). Расстояния остаются расстояниями, а время — временем лишь до тех пор, пока $g_{00} > 0$. Отсюда следует, что $r \sim \Delta x > mk/c^2 \approx \Delta mk/c^2$. Умножая друг на друга оба неравенства, находим для Δx

$$\Delta x > \sqrt{\frac{\hbar k}{c^3}} \equiv l_0 = 1,6 \cdot 10^{-33} \text{ см.}$$

К этому результату можно было бы прийти с помощью иных мысленных экспериментов. Таким образом, невозможны расстояния, меньшие планковской длины l_0 . Аналогично, можно сделать вывод о бессмысленности промежутков времени, меньших 10^{-43} с. Точность определения таких геометрических величин, как символы Кристоффеля или метрический тензор, ограничивается коллективными соотношениями неопределенностей, например

$$\Delta \Gamma(\Delta x)^2 \Delta t > \frac{l_0^2}{c}.$$

Данные рассуждения проведены грубо, буквально «на пальцах». Но тем более интересно, как все это будет выглядеть в квантовой теории гравитации.

4. Неоднократно высказывалась надежда, что построение квантовой теории гравитации прольет свет на основные трудности современной квантовой электродинамики и мезодинамики, в частности, позволит корректно избавиться от ультрафиолетовых расходимостей. В связи с этим следует отметить работы А. Салама с соавторами [163, 164], где предлагается использовать неполиномиальный характер плотности лагранжиана взаимодействия спинорного, электромагнитного и гравитационного полей

$$\sqrt{-g}L_{\text{вз}} = \frac{1}{\sqrt{-\|g^{\mu\nu}\|}} e\bar{\Psi}\gamma_{\alpha}\Psi A^{\alpha}, \quad g^{\mu\nu} = \varepsilon^{\mu\nu} - \sqrt{\kappa}\gamma^{\mu\nu}.$$

Вычисление собственной энергии электрона с использованием теории возмущений в любых конечных порядках по $\sqrt{\kappa}$ приводит, как известно, к ряду дополнительных расходимостей. Однако авторы отмеченных работ утверждают, что использование гравитационного суперпропагатора, учитывающего сразу бесконечное число гравитонных линий (без усечений), не только не дает новых, но и устраняет все известные в электродинамике расходимости.

5. Имеются достаточно обоснованные надежды с помощью квантовой гравитации построить теорию элементарных частиц. Так, Дж. Уилер считает, что «не может быть теории элементарных частиц, имеющей дело только с элементарными частицами». Конечно, здесь имелась в виду гравитация. К попыткам реализации такой надежды можно отнести поиски частицеподобных решений уравнений Эйнштейна, геометродинамику Уилера [161], работы П. Дирака по протяженным частицам в ОТО [165] или работы М.А. Маркова [166], К.П. Станюкевича [167] и других по введению «планкеонов», «фридмонов» и тому подобных геометрических образований.

6. Наконец, имеется ряд смутных надежд. Например, П. Бергманн считает, что «...любой опыт, который мы получаем в попытках объединить принципы общей ковариантности и универсальной дополненности, может научить нас чему-то важному о границах обеих теорий».

7. Ко всему сказанному еще следует добавить широко распространенную уверенность в тесной связи данной проблемы с проблемами гравитационных волн и энергии в ОТО.

Таким образом, с самых различных точек зрения видно, насколько многообещающе решение проблемы квантования гравитации [168].

Касаясь гносеологического аспекта квантования гравитации, Ю.С. Владимиров отмечает, что возникновению почти всех физических теорий предшествовало накопление экспериментального материала. В данном же случае долгое время существует лишь принципиальная необходимость теории, объемлющей закономерности двух уже известных теорий. До сих пор неизвестно, как далеко

можно переносить методы квантовой электродинамики на случай гравитации. Следует ли доводить дело до введения гравитонов?

Только в последние три года в связи с экспериментами Дж. Вебера появилась робкая надежда на обнаружение гравитационных волн. Теоретически ожидаемые эффекты гравитационного излучения очень слабы, так что необходимая точность измерений в основном лежит за пределами возможностей современного эксперимента.

Следует различать три направления, связанные с различным пониманием природы гравитации [169].

1. Гравитация — лишь свойство пространства-времени, а пространство-время — совокупность отношений, в которые вступают отдельные части материи. Очевидно, что в таком понимании гравитации бессмысленно выделять из свойств отношений, в которые вступает материя, самое матерью, т.е. вводить кванты гравитационного поля.

При данном подходе наиболее существенны такие вопросы: как сказываются закономерности ОТО на поведении квантовых объектов? Приводит ли совмещение принципов ОТО и квантовой теории к более глубокому пониманию основных понятий пространства и времени? Можно ли понимать квантовую теорию как отражение того факта, что микрочастицы вступают друг с другом в отношения, отличающиеся от описываемых классическим пространством-временем? Если да, то можно ли сформулировать их на основе более глубоких понятий, и каких? Как сосуществуют и переходят друг в друга различные отношения между частями материи в разных масштабах? Связана ли проблема квантования гравитации с проблемой квантования пространства-времени? И так далее. Здесь открывается широкий простор для принципиально новых идей.

2. Гравитация — вид материи. Это следует понимать так, что существует фон из единой материи, описываемой пространственно-временными характеристиками. Все другие виды материи, известные и неизвестные, — проявления этой «первичной» материи в виде различных геометрических особенностей метрического, топологического или какого-либо иного характера.

При таком понимании сущности ОТО проблема квантования гравитации прежде всего сводится к получению из геометрических характеристик таких объектов, которые можно было бы отождествить с наблюдаемыми видами материи. Сюда относятся попытки

получения частицеподобных решений уравнений Эйнштейна, введение «фридмонов», геонов и тому подобных образований. Наиболее яркими представителями этого направления следует считать Дж. Уилера [161] и его школу, провозгласивших программу построения «массы без массы», «заряда без заряда», «поля без поля». Если в их программе минимум ОТО и электродинамика рассматриваются на равной ноге, то в дальнейшем Уилер хочет видеть сам фотон как некую особенность квантовой геометрии.

При таком подходе разумно ставить вопрос о получении не только известных видов материи, но и еще не открытых, которые могли бы описываться пространственно-временными характеристиками более непосредственным образом. Таким видом материи могут быть и гипотетические гравитоны.

Данный подход обычно связывается с именем Клиффорда, тогда как первый стоит ближе к точке зрения Э. Маха.

3. Гравитация — частично материя, частично свойство пространства-времени. Эта точка зрения в значительной степени навеяна часто проводимой аналогией между гравитацией и теорией электромагнитного поля. В последней, как известно, компоненты электромагнитного потенциала можно разделить на продольную и поперечную части. Продольная часть описывает кулоновское поле, а поперечная часть — электромагнитные волны (фотоны).

Здесь основная задача состоит в выделении из всех гравитационных характеристик таких, которые описывают кванты гравитационного поля — гравитоны. По аналогии с электромагнитным полем гравитонам стараются сопоставить продольно-поперечные компоненты, например, метрического тензора, тогда как остальные компоненты описывают отношения частей материи друг к другу.

Большая часть современных физиков придерживается именно этого взгляда.

С другой стороны, нет достаточного единства и в понимании сущности квантовой теории. Общеизвестна продолжающаяся дискуссия по интерпретации квантовой механики. Физиков-теоретиков в этом вопросе можно разделить на несколько групп:

- 1) последовательные сторонники копенгагенской интерпретации (большинство);
- 2) принимающие аппарат, но неудовлетворенные используемым языком или философскими основами;

- 3) стремящиеся изменить не только язык, но и кое-что в аппарате квантовой теории;
- 4) вообще неудовлетворенные, но не предлагающие ничего конкретно нового.

Если это различие во взглядах малосущественно, когда мы остаемся в установившемся круге квантово-механических явлений, то оно серьезно при выходе за его пределы. Таким выходом, например, является попытка квантования гравитации.

Наконец, следует отметить, что, приступая к квантованию гравитационного поля, мы игнорируем чрезвычайно опасный подводный камень. Имеется в виду соотношение между классическими понятиями пространства-времени и теорией микромира. Так, Луи де Бройль отмечал: «...понятия пространства и времени взяты из нашего повседневного опыта и справедливы лишь для явлений большого масштаба. Нужно было бы заменить их другими понятиями, играющими фундаментальную роль в микропроцессах, которые бы асимптотически переходили при переходе от элементарных процессов к наблюдаемым явлениям обычного масштаба в привычные понятия пространства и времени. Стоит ли говорить, что это очень трудная задача?.. Однако, пока мы не добились успеха в распространении наших представлений в указанном направлении, мы должны стараться с большими или меньшими трудностями втиснуть микроскопические явления в рамки понятий пространства и времени, хотя нас все время будет беспокоить чувство, что мы пытаемся втиснуть алмаз в оправу, которая ему не подходит».

А. Эйнштейн [15, с.223] писал аналогично: «...конечно, введение пространственно-временного континуума может считаться противоестественным, если иметь в виду молекулярную структуру всего происходящего в микромире». Однако и исключение из физики непрерывных величин в тот момент ему казалось похожим «на попытку дышать в безвоздушном пространстве».

К этим замечаниям примыкает и так называемая макроскопическая интерпретация пространства-времени [170], согласно которой классические пространство и время неприменимы к отдельным микроскопическим системам. Последние должны описываться такими абстрактными концепциями, как заряд, спин, квантовые числа и др. Пространственно-временная решетка является наиболее фундаментальным результатом взаимодействия огромного числа микросис-

тем. Согласно этому подходу, понятия расстояние и время имеют такой же характер, как температура или давление в термодинамике.

Окончательное выяснение этого обстоятельства, казалось бы, должно предшествовать (или являться составной частью) осуществлению программы квантования гравитационного поля.

В итоге произошло разделение мнений относительно этой проблемы, оценки ее состояния и перспектив решения. Некоторые склонны считать, что одна из синтезируемых теорий должна быть частью завершенной другой. Так, А. Эйнштейн одно время считал общую теорию относительности более подходящей основой для создания теории, охватывающей и квантовую теорию. А может быть, в каком-то смысле наоборот, ОТО следует из развитой квантовой теории?

Другие считают (большинство), что обе теории уже достаточно развиты и содержат весь необходимый для синтеза материал. Однако все трудности следуют из того, что современное расположение материала в теориях неудачно. Перед синтезом его следует перетасовать. Возможно, в теориях имеется фальшивый материал, который не нужен для синтеза и даже затрудняет его.

В результате получили большое количество эквивалентных в классических масштабах формулировок ОТО [171, с.40]. Их можно классифицировать по двум признакам. Во-первых, по типу величин, выбранных в качестве основных гравитационных характеристик. Это мировая скалярная двухточечная функция, 10 компонент метрического тензора (наиболее традиционный случай), одновременно 10 компонент метрического тензора и 40 компонент символов Кристоффеля (метод Палатини), 16 компонент тетрад, 4 квадратных 4-рядных γ -матрицы [172], 20 компонент тензора кривизны, компоненты спиноров и т.д. Во-вторых, формулировки различаются по типу формализма, который используется для построения теории. Это может быть или чисто геометрический подход, или симметричный лагранжев формализм, или несимметричный дираковский формализм, или компенсирующая трактовка гравитации и т.д. Перемножая названные возможности, находим уже 28 различных формулировок ОТО. Следует учесть, что возможны вариации внутри одной и той же формулировки, кроме того, наверное, мы не все учли.

Аналогичную картину имеем и в квантовой теории. Без труда можем назвать около десятка различных способов квантования: каноническое квантование с помощью скобок Пуассона для основ-

ных динамических переменных, каноническое квантование с помощью уравнений Гейзенберга, симметричное ковариантное квантование, ковариантное квантование методом Пайерлса, квантование с помощью фейнмановского суммирования по историям, техника векторов-историй, швингеровская теория источника.

Полный обзор исследований по квантованию гравитации в этом направлении должен бы был содержать сопоставление всех формулировок ОТО и методов квантования, что практически невысказимо.

Третьи считают, что синтезируемые теории следует в какой-то степени ревизовать, обобщить (но не слишком существенно) и только после этого стараться их объединить. Сюда относятся предложения перейти к линейной теории гравитации или рассматривать только слабое гравитационное поле. В обоих этих случаях синтезируемые теории сводятся к одной основе — рассматриваются на фоне плоского пространства-времени, где хорошо работают методы квантовой электродинамики. К этому же направлению следует отнести формулировку гравитации на основе фейнман-уилеровского действия на расстоянии и другие.

Наконец, четвертые считают, что необходим еще важный дополнительный материал в теориях (одной или обеих). А пока следует подождать с решением проблемы. Так, они считают, что в ОТО нужны новые эксперименты по ее проверке, в частности, необходимо сначала обнаружить и изучить гравитационные волны. В квантовой теории также необходимы новые эксперименты по обнаружению границы применимости квантовой электродинамики. Иногда предлагают подождать завершения построения аксиоматики квантовой теории поля.

По мнению Ю.С. Владимирова, если встать на точку зрения большинства физиков (гравитация — частично материя, частично — свойство пространства-времени), то встает ряд математических трудностей, возникающих из некоторых особенностей ОТО. Наиболее существенными из них являются две:

1. Ковариантность теории. Дело в том, что геометрические характеристики зависят от выбора координатной системы. Соответствующим выбором последней мы можем некоторые величины (например, символы Кристоффеля в отдельной точке или

линии) обратить в нуль, а некоторые (например, компоненты метрического тензора) привести к широкому классу наперед заданных значений. Это может соответствовать тому, что при описании гравитонов такими характеристиками формальной операцией перехода к новой координатной системе можно в одной точке «уничтожить» или «рождать» гравитоны. Есть ли выход из такого положения? Может быть, следует сопоставлять гравитонам более сложные характеристики (например, $R^{\mu}_{\nu\alpha\beta}$ или другие)? Или, может быть, следует отказаться от определения гравитона в отдельной точке? Тогда это будет нелокальная теория поля. А может быть, следует отказаться от равноправности всех координатных систем и ввести одну (или целый класс) преимущественную? Большинство исследователей предпочитают последний путь.

2. Нелинейность теории. В обычной квантовой теории уравнения свободного поля линейны, и, следовательно, общее решение является суммой частных решений, каждое из которых соответствует отдельному кванту поля — частице. В случае нелинейных уравнений, как известно, общее решение не будет суммой частных. Это создает трудности в выделении квантов гравитационного поля. Однако эта трудность физически необходима с точки зрения данного понимания сущности гравитации. Ведь гравитоны должны вступать в такие же отношения друг с другом, как и остальные виды материи, но эти отношения также описываются с помощью гравитационных характеристик.

7.5. РЕЛЯТИВИСТСКАЯ ТЕОРИЯ ГРАВИТАЦИИ

Евклидом была сформулирована геометрия окружающего нас пространства. Сложилось общее впечатление о единственности геометрии. Принятие аксиом устраивало всех. Единственное, что вызывало неудовлетворение — это «пятый постулат»: через точку вне данной прямой можно провести только одну прямую, параллельную данной. Так прошло более двух тысяч лет, и только в первой половине XIX века Н.И. Лобачевский на основе новой системы постулатов и аксиом создал другую — неевклидову геометрию.

После Лобачевского следующий шаг сделал немецкий математик Бернхард Риман. Он сконструировал целый класс геометрий как логических систем, которые были сами по себе непротиворечивы, но побуждали задуматься над одним очень серьезным вопросом: а какова на самом деле геометрия окружающего нас мира? Этот вопрос был уже не математическим, а физическим — ведь открытие иных геометрий лишало логических оснований утверждение, что геометрия мира непременно евклидова. Геометрий как математических структур может быть построено бесконечное множество, а какая из них реализуется в природе — на такой вопрос должен был дать ответ только опыт.

Поэтому изучение геометрии, по существу, становится исследованием свойств материи и ее движения. Механика Ньютона проверяла геометрию мира.

Но речь шла о сравнительно малых скоростях, практика подтверждала, что геометрия нашего пространства евклидова, а длина и время абсолютны и не зависят от системы отсчета. На математическом языке структура геометрии задается квадратом расстояния между соседними близкими точками. В декартовых координатах евклидова пространства квадрат расстояния между точками можно выразить через теорему Пифагора, которая доказывается исходя из постулатов и аксиом Евклида. Если из соображений удобства использовать в евклидовом пространстве не декартовы координаты x, y, z , а другие, косоугольные, сферические или цилиндрические, т.е. криволинейные координаты, то, совершив определенные преобразования, можно вернуться к теореме Пифагора.

В произвольной — неевклидовой — геометрии это невозможно сделать сразу во всем пространстве. Такое пространство с неевклидовой геометрией называют искривленным, в отличие от плоского — евклидова. Кривизна в евклидовом пространстве отсутствует, она равна нулю во всех его точках.

Риман, развивая идеи Лобачевского и Гаусса, а также венгерского математика Яноша Бойяи, ввел особый класс геометрий, названных впоследствии римановым, которые описывают «кривые» пространства. В римановой геометрии, в отличие от евклидовой, коэффициенты g_{ik} нельзя сделать всюду постоянными, а метрический тензор — диагональным. Именно это и означает, что в рима-

новом пространстве всегда присутствует кривизна, а ее степень, количественное значение зависят от того, в какой точке пространства мы находимся. До начала нашего века и геометрия Лобачевского, и римановы пространства считались не более чем привлекательными математическими конструкциями, пусть интересными для анализа, однако чисто умозрительными объектами. Но вот, изучая электромагнитные явления, в частности, распространение света, а также движение частиц со скоростями, близкими к световым, физики пришли к удивительному открытию: пространство и время для таких явлений — не независимые параметры, а образуют единый континуум, или, на математическом языке, единое многообразие, «пространство-время». Роль расстояния между двумя сколь угодно близкими точками, которые называют «событиями», в пространстве-времени играет величина, называемая интервалом. В нашем четырехмерном многообразии (три пространственных координаты плюс время) квадрат интервала записывается обычно в виде равенства

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2,$$

где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость света.

Геометрия, определяемая таким интервалом, очень похожа на евклидову. Перекрестных членов между разными координатами в интервале нет и все коэффициенты постоянны. В переводе на математический язык это высказывание звучит так: «метрический тензор постоянен во всем пространстве и имеет диагональный вид».

Единственное отличие интервала от теоремы Пифагора — это знаки:

$$dl^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2.$$

В интервале только слагаемое, соответствующее времени, входит с плюсом, а координатные члены имеют знак минус. Другими словами, компоненты метрического тензора равны 1, -1, -1, -1. Тот факт, что время и пространственные координаты входят в интервал, хотя и почти равноправно по внешнему виду, но все же с разными знаками, имеет принципиальное значение. Именно здесь проявляется глубокое физическое различие между такими поня-

тиями, как длина и время. Их величины относительны и зависят от выбора системы отсчета. Интервал же имеет одинаковое значение в бесконечном классе систем отсчета, в частности, движущихся одна относительно другой с постоянной скоростью. Такие системы отсчета называются инерциальными, поскольку в них выполняется закон инерции: если на тело не действуют силы, то оно находится в покое или сохраняет равномерное прямолинейное движение. Квадрат интервала ds^2 может быть положительным, отрицательным или равным нулю — и вот это-то разделение, в отличие от значений длины и времени, носит абсолютный характер, не зависящий от перехода из одной инерциальной системы отсчета в другую.

Здесь, правда, нужно сделать важную оговорку: скорость движущихся систем отсчета должна быть меньше скорости света, иначе знак квадрата интервала может измениться. Если квадрат интервала положителен $ds^2 > 0$, то интервал называют «временеподобным» и его в некоторой системе отсчета можно измерять часами: при отрицательном ds^2 интервал «пространственно-подобен» — это неказистое словосочетание означает, что наверняка удастся найти такую систему отсчета, где измерение интервала сведется к измерению длины.

Преобразования от одной инерциальной системы к другой, сохраняющие вид интервала, называются преобразованиями Лоренца — по имени голландского ученого Хендрика Антона Лоренца, одного из немногих физиков, почувствовавших в конце XIX столетия нерасторжимую связь пространства и времени. Сам термин «преобразование Лоренца» принадлежит замечательному французскому математику Анри Пуанкаре.

Теорию, сформулированную в классе инерциальных систем отсчета на основе интеграла

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2,$$

Эйнштейн назвал специальной теорией относительности (СТО). Геометрия, определяемая этим интервалом, напоминает евклидову, как говорят, псевдоевклидову.

Приставка «псевдо» подчеркивает неодинаковость знаков в выражении для интервала — метрики, однако кривизна четырехмер-

ного пространства с такой геометрией равна нулю — пространство событий специальной теории относительности остается плоским.

Мир, в котором три пространственных измерения и одно временное объединены в четырехмерное пространство с псевдоевклидовой геометрией, был глубоко понят и подробно изучен в 1908 году немецким математиком Германом Минковским и с тех пор называется «пространством Минковского». Точки такого пространства — это физические события, происходящие в определенном пункте и в конкретный момент времени. Например, такими событиями могут быть испускание и поглощение света. Другими словами, элементы пространства Минковского — события — имеют физическую реальность независимо от используемой системы отсчета. Именно в этом кроется физический смысл инвариантности — неизменности интервала относительно преобразований Лоренца. Сам Минковский называл введенное им пространственно-временное многообразие «четырёхмерным миром». Специальная теория относительности представляет собой теорию физических процессов в таком четырехмерном мире. При этом, как можно показать, геометрия «пространства скоростей» СТО — это геометрия Лобачевского.

Традиционно считалось и часто повторяется до сих пор, что квадрат интервала в СТО должен иметь обязательно диагональный вид, а следовательно, он не меняется только при лоренцовых преобразованиях, заменяющих одну инерциальную систему отсчета другой. По мнению А. Логунова, и для произвольно выбранных ускоренных систем отсчета интервал тоже может полностью сохранять свой заданный вид. Это свойство интервала, которое часто называют «форминвариантностью», фактически состоит в требовании, чтобы после преобразования координат — перехода в новую систему отсчета — все компоненты метрического тензора g_{ik} , или метрические коэффициенты, оставались бы в новых переменных теми же самыми, что и до перехода. Таким образом, то, что интервал в четырехмерном мире Минковского сохраняет свой вид не только для инерциальных систем отсчета, но и для произвольно выбранного класса ускоренных систем, — замечательное свойство такого мира. Это свойство пространства Минковского можно сформулировать как обобщение принципа относительности Пуанкаре–Эйнштейна, в

котором шла речь лишь об инерциальных системах отсчета. Обобщенный принцип относительности звучит так: «Какую бы физическую систему отсчета мы ни избрали — неважно, инерциальную или неинерциальную, — мы всегда можем указать бесконечную совокупность других систем, таких, в которых все физические явления (в том числе и гравитационные) протекают точно так же, как и в исходной системе отсчета. Поэтому мы не можем иметь никаких экспериментальных возможностей выяснить, в какой именно системе отсчета из этой бесконечной совокупности мы находимся».

Плоский четырехмерный мир Минковского имеет основополагающее значение. Имея дело с ускоренными системами, тем не менее все совершается в пределах специальной теории относительности.

«Этот факт, по существу, и лежит в основе новой релятивистской теории гравитации» [173, с.42].

Открытие пространства-времени сразу же сильно продвинуло наши теории. Изменились сами представления о природе. Структура пространства-времени была первоначально обнаружена в электромагнитных эффектах, а затем уже распространена на все остальные природные явления. Разработка концепции пространства-времени — результат творчества нескольких великих ученых: Лоренца, Пуанкаре, Эйнштейна, Минковского, причем последний, фактически развивая идеи Пуанкаре, в 1908 году придал этой теории общую завершающую форму. Затем Эйнштейн, развивая дальше идеи Минковского, пришел к очень крупному открытию. Оказалось, что геометрия пространства-времени, если учесть гравитацию, перестает быть евклидовой — с нулевой кривизной — и становится римановой. Другими словами, испытывая влияние гравитации, мир искривляется! И тогда Эйнштейн сделал следующий шаг, необычайный по своей решительности: он просто объявил четырехмерный метрический тензор, характеризующий геометрию пространства-времени, гравитационным полем. С одной стороны, это было серьезным достижением: стало возможным описывать гравитацию не какой-то одной величиной, вроде ньютонова потенциала, а сразу десятью функциями — независимыми компонентами метрического тензора g_{ik} . Такое описание, несомненно, намного богаче. Но, с другой стороны, здесь проявилась и некоторая, я бы сказал, слабость эйнштейновско-

го подхода. Оказывается, как теперь видно, объявить метрический тензор гравитационным полем не совсем хорошо, это приводит к новым трудностям. Дело в том, что когда мы говорим о физическом поле, например в электромагнетизме о поле типа Фарадея–Максвелла, мы всегда неявно имеем в виду и какой-то источник такого поля. При удалении от источника поле должно убывать, причем не медленнее, чем обратно пропорционально расстоянию (в трехмерном пространстве). Если бы оно убывало медленнее, то, как легко убедиться, поток энергии поля от тела, занимающего в пространстве какую-то ограниченную область, был бы бесконечно большим. Но всякое тело имеет лишь конечный запас энергии, поэтому на убывание поля накладываются жесткие ограничения. А вот для метрических коэффициентов, если внимательно посмотреть, такие ограничения не соблюдаются, да их и не должно быть. Оказывается, что можно выбрать такие системы координат, в которых метрические коэффициенты стремятся к «плоским» сколь угодно медленно. Поэтому отождествление компонентов метрического тензора с гравитационным полем было неосторожным шагом [173, с.43].

Если исходить из предположения, что материя определяет геометрию, то геометрия есть функция вещества. Тогда с полем можно отождествить метрический тензор g_{ik} , который характеризует геометрию риманова пространства, а она определяется тяготеющим веществом.

Если пространство плоское, то существует глобальная декартова система координат, в которой метрический тензор постоянен и диагонален, а как только в мире появляется гравитация, пространство тут же начинает искривляться и метрический тензор это сразу же «чувствует». Так что величину g_{ik} , как полагал Эйнштейн, вполне можно считать простейшим индикатором присутствия гравитирующего вещества, т.е. как бы гравитационным полем [173, с.42].

Эта идея Эйнштейна выделяла гравитационное поле из всех других физических полей — оно было не столько физическим, сколько геометрическим. В самом деле, ведь основные величины, составлявшие математический «стержень» всей теории Эйнштейна — метрические коэффициенты g_{ik} , — имели двойной смысл: пе-

ременных поля и геометрических характеристик пространства-времени. [173, с.42].

Теорию гравитации Эйнштейн назвал «общей теорией относительности» (ОТО).

А. Логунов обращает внимание, что при создании общей теории относительности Эйнштейн исходил из одного очень важного физического наблюдения: он обратил внимание на то, что силы инерции и гравитации очень похожи. Как одни, так и другие действуют на все тела независимо от их массы, только для сил инерции эта масса называется инертной, а для гравитации — тяжелой. Как показывает опыт, для одного и того же тела обе массы с большой точностью равны друг другу. Именно этот фундаментальный факт и навел Эйнштейна на мысль, что гравитационное поле, подобно силам инерции, должно описываться метрическим тензором. Геометрические свойства пространства-времени и сила инерции — или сила тяжести — оказались связанными самым тесным образом.

Гипотеза Эйнштейна о том, что поле тяжести можно полностью заменить ускоренной системой отсчета, вошла в науку под названием принципа эквивалентности. Разумеется, такую подмену, грубо говоря, можно сделать только в достаточно малом объеме, как говорят, локально, поскольку в большой области пространства гравитационное поле может быть очень сложным, и его уже нельзя будет заменить выбором ускоренной системы отсчета. Создатель общей теории относительности выразил свою гипотезу с помощью простого и наглядного образа, названного впоследствии «лифтом Эйнштейна»: «наблюдатель, находящийся в закрытом ящике, никаким способом не может установить, покоится ли ящик в статическом гравитационном поле или же находится в пространстве, свободном от гравитационных полей, но движется с ускорением, вызываемым приложенными к ящику силами».

Таким образом, с точки зрения Эйнштейна, единственное различие между силой инерции и гравитационным полем — это разные причины, их вызывающие. Силы инерции не связаны с материальными телами, они лишь следствие неинерциальности системы отсчета, используемой наблюдателем. В противоположность инерции у сил тяготения всегда есть источник — тяготеющая материя. Однако на ход всех — без исключения — физических процессов силы инерции и гравитации локально оказывают, по мне-

нию Эйнштейна, одинаковое действие, и поэтому они принципиально неразличимы.

Вот здесь уже догадка превращается в незаконную экстраполяцию. Разве можно заранее, *a priori*, утверждать, что в природе не существует явлений, для которых отличие сил инерции от сил тяготения было бы хоть чуть-чуть заметно? Ведь в истинных гравитационных полях пространство-время искривлено, и его геометрия принципиально неевклидова, тогда как в полях сил инерции, возникающих лишь от ускорения или вращения системы отсчета, пространство-время сохраняется плоским. Отсюда сразу же следует, что если найдется какое-то физическое явление, которое будет чувствовать кривизну пространства-времени, то с помощью этого явления мы сможем отличить, в принципе даже локально, гравитационное поле от неинерциальной системы отсчета типа эйнштейновского лифта. И такие физические эффекты, которые явным образом зависят от кривизны, действительно существуют, например процессы с участием частиц, обладающих спином.

В период создания общей теории относительности Эйнштейн всецело руководствовался принципом эквивалентности в его категоричной, «сильной» формулировке, и поэтому у него сложилось убеждение, что гравитационное поле во всех случаях жизни эквивалентно набору нужным образом ускоренных систем отсчета. Но в то время благодаря открытию Минковского уже было известно, что разным системам отсчета соответствует разная метрика пространства-времени, и тогда Эйнштейну оставалось только сделать следующий и вполне естественный, с его точки зрения, логический шаг: объявить гравитационным полем метрический тензор риманова пространства-времени, который сам должен определяться распределением и движением материи. Именно это и было сделано в 1913 году в статье, написанной Эйнштейном совместно со швейцарским математиком Марселем Гроссманом. Так принцип эквивалентности, оставаясь эвристической догадкой, привел к идее о единстве метрики и гравитации [174]. Идея единства метрики и гравитации помогла Эйнштейну получить уравнения гравитационного поля. Практически одновременно такие уравнения были получены Гильбертом. Идея же использовать равенство инертной и тяжелой масс как принцип эквивалентности принадлежит Эйнштейну. Сделанное Эйнштейном предсказание об отклонении луча

света в поле Солнца, затем экспериментальное подтверждение этого эффекта, а также объяснение того, казавшегося странным, с точки зрения ньютоновой теории, факта, что орбита Меркурия почему-то смещается, принесли общей теории относительности Эйнштейна подлинный триумф. Из анализа А. Логунова [175, с.61] следует, что в общей теории относительности нет законов сохранения. Во всех полевых теориях законы сохранения имеют фундаментальное значение. Ни в микро-, ни в макромире нам не известно ни одного факта, который хоть как-то указывал бы на то, что законы сохранения могут нарушаться. Более того, строжайшее соблюдение этих законов позволило совершить многие принципиальные открытия — например, только благодаря требованию сохранения энергии было предсказано существование нейтрино.

Известно, что законы сохранения — это не просто правила, почерпнутые из опыта или полученные с помощью математических манипуляций, они имеют необычайно глубокий смысл, отражая пространственно-временную симметрию нашего мира. В 1918 году немецкий математик Эмма Нетер доказала, может быть, самую фундаментальную для физики математическую теорему. Смысл теоремы Нетер заключается в том, что любому преобразованию пространства-времени, при котором в интересующей нас физической системе, будь то маятник в старинных часах или вся наблюдаемая часть Вселенной, не происходит никаких изменений, отвечает вполне определенный закон сохранения. Например, сохранение энергии связано с тем, что мы можем произвольно выбирать начало отсчета времени, т.е. запускать секундомер тогда, когда это нам удобно, — физические процессы при одних и тех же условиях протекают одинаково вчера, сегодня и завтра. Точно так же законы физики одни и те же в Москве, Лондоне и на Венере, и эта их неизменность, или, как выражаются физики, инвариантность, относительно пространственных смещений гарантирует, согласно теореме Нетер, сохранение импульса.

Но в общей теории относительности Эйнштейна эти, как выразился известный американский теоретик Ричард Фейнман, великие законы сохранения утрачены.

Первым на это обратил внимание один из создателей ОТО, математик Давид Гильберт. В 1917 году он заявил, что в общей теории относительности «уравнений энергии» (так Гильберт назы-

вал закон сохранения энергии-импульса) вообще не существует. «Я даже мог бы отметить это обстоятельство как характерную черту общей теории относительности», — подчеркнул Гильберт. Другими словами, он бесстрастно, хотя и вполне отчетливо указал на отсутствие сохраняющихся величин в ОТО как на особенность этой теории.

По А. Логунову, высказывание Гильберта не было понято современниками. Ни Эйнштейн, ни другие физики тогда не осознавали того фундаментального факта, что в ОТО законы сохранения энергии-импульса, а также момента количества движения в принципе невозможны. (Сохранение момента вытекает уже не из сдвигов, а из «безнаказанных» вращений пространства-времени — свойства изотропии; всего с пространственно-временной симметрией связано десять законов сохранения.) Как только мы выходим из евклидова пространства в риманово, где кривизна зависит от точки, все физические свойства мира тоже изменяются от точки к точке, симметрия пространства-времени теряется, а вместе с ней исчезают и законы сохранения (за исключением каких-то специальных случаев, когда распределение материи таково, что оно позволяет обнаружить симметрию, или, как еще говорят, группу движений в пространстве-времени). Если же мы намерены сформулировать свою теорию так, чтобы она сохраняла все десять великих «законов», то мы обязаны выбирать вполне определенную пространственно-временную структуру — пространство Минковского.

Понятия импульса и энергии устанавливаются в ОТО столь же четко, как и в классической механике. Геттингенский математик Феликс Кляйн подтвердил результаты Эйнштейна, и с тех пор при изложении теории относительности во всех учебниках почти буквально следуют Эйнштейну. Так была канонизирована ошибочная теория.

А. Логунов с сотрудниками считает, что ошибки удалось обнаружить лишь совсем недавно — в начале 80-х годов, проанализировав все понятия, которые ввел Эйнштейн. И тут выяснилось, что в рассуждениях Эйнштейна и Кляйна содержится малозаметный, но принципиальный дефект. Дело в том, что та величина, которая, как полагал Эйнштейн, представляет собой энергию-импульс физической системы, состоящей из вещества и гравитационного поля, тож-

дественно равна нулю. Но ведь гравитационное поле при этом не равно нулю — оно и действует на внесенные в него пробные тела и искривляет пространство, как же у него нет никакой энергии? Поэтому основной недостаток теории видится в том, что Эйнштейн фактически отказался от интерпретации гравитационного поля в обычном для физики смысле — том, какой придавали понятию «поле» его творцы, Фарадей и Максвелл. В 1918 году замечательный австрийский физик, один из основателей квантовой механики, Эрвин Шредингер, изучая общую теорию относительности, попробовал решить одну из самых простых задач этой теории — найти гравитационное поле и плотность его энергии вне массивного тяготеющего шара. Каково же было удивление Шредингера, когда он вдруг обнаружил, что можно выбрать такие пространственные — трехмерные — координаты, в которых плотность энергии-импульса гравитационного поля вне шара будет равняться нулю. Но что же это за физическое поле, которое можно уничтожить с помощью математического трюка — простой заменой переменных, — даже в окрестности чрезвычайно сильного источника, такого как крупная планета? Заметим, что выбор удобных координат — дело исследователя, его «суверенное» право, и окончательный физический результат, как мы уже говорили, не может от этого зависеть. Поле же — одна из двух форм материи (другой ее «клик» — вещество). Получается, что мы имеем дело с материей, которую можно уничтожить интеллектуальным произволом исследователя, но это какая-то нелепость! [176].

Парадоксальные — с точки зрения физического здравого смысла — свойства теории Эйнштейна привели к убеждению, что теория тяготения должна строиться на каких-то иных физических принципах. В частности, теория, в которой нет законов сохранения, не может быть удовлетворительной, а бессмысленность поля, энергия которого может принимать любое наперед заданное значение, например, может стать равной нулю, представлялась достаточно очевидной. Отдав должное общей теории относительности как определенному этапу в изучении пространства, времени и тяготения, приступили к построению теории гравитации на основе фундаментальных законов сохранения.

Но если мы хотим, чтобы в теории соблюдались стандартные законы сохранения — энергии, импульса и момента количества движения, то отсюда автоматически вытекает благодаря теореме

Нетер, что исходная геометрия пространства-времени должна быть псевдоевклидовой, как и в специальной теории относительности. Другими словами, наш мир, в котором размещена материя и в котором действуют все физические поля и наравне со всеми гравитационное, представляет собой пространство-время Минковского. Таким образом, геометрия задается не соглашением, как в свое время считал Пуанкаре, а вполне однозначно определяется общими динамическими свойствами материи — законами сохранения. Так что выбор пространства Минковского для построения новой релятивистской теории гравитации (РТГ) отнюдь не случаен, это не произвол исследователей, а необходимое условие того, что в теории не пропадают законы сохранения. Такое условие представляет собой основное требование к новой теории, и оно радикально отличает РТГ от общей теории относительности, полностью выводя нас из дебрей римановой геометрии. Второе требование состоит в том, что гравитационное поле ничем не выделено по сравнению с другими физическими полями. Оно точно так же обладает плотностью энергии-импульса, как, скажем, электромагнитное, да и вообще релятивистская теория гравитации строится по удачному образцу великолепно зарекомендовавшей себя электродинамики, в которой, как известно, наблюдается рекордная точность совпадения теории с экспериментом. Эйнштейн в ОТО отождествил гравитацию с геометрическим объектом — метрическим тензором риманова пространства, но этот путь привел к отказу от гравитационного поля как физической реальности (а также, как мы уже говорили, к утрате фундаментальных законов сохранения). Это требование возвращает гравитационному полю физический смысл, поскольку теперь его даже локально нельзя уничтожить выбором системы отсчета, и, следовательно, нет никакой — даже локальной эквивалентности между гравитационным полем и силами инерции. Это положение в корне отличает РТГ от ОТО.

Вся материя условно разделяется на вещество и гравитационное поле. Понятие «вещество» объединяет все формы материи, кроме гравитационного поля, последнее же универсально и действует одинаково на все вещество. Вот эта-то универсальность и приводит к тому, что в мире возникает кривизна. Движение вещества под действием гравитационного поля в плоском пространстве Минковского становится тождественным движению в эффективном рима-

новом пространстве. Слово «эффективное» здесь чрезвычайно важно: оно означает, что риманово пространство — не исходное, а появляется в результате действия гравитационного поля на вещество в пространстве Минковского. Риманова геометрия в РТГ — производное, вторичное понятие, первичными же остаются плоский «фон» Минковского и физическое гравитационное поле типа Фарадея–Максвелла. Следовательно, даже обнаружив опытным путем — по движению пробных тел или распространению света — риманову геометрию, не надо делать поспешных выводов об исходной структуре пространства-времени, а необходимо прежде всего выяснить, первична ли риманова геометрия, или она имеет вторичное происхождение. При этом следует исходить из общих динамических свойств материи — ее законов сохранения: именно они стали теми руководящими принципами, которые помогли построить новую физическую теорию гравитации. Тот важный факт, что гравитационное поле как бы заставляет вещество двигаться в эффективном римановом — искривленном — пространстве, назвали «принципом геометризации». Формально, с точки зрения математики, он состоит в «подключении» тензора гравитационного поля к метрическому тензору пространства Минковского. Операция «подключения» очень близка к обычному алгебраическому сложению, и ее всегда можно осуществить, какую бы форму материи мы ни избрали. В принципе геометризации, с одной стороны, развита идея Эйнштейна о римановой геометрии, а с другой — полностью исключена его же идея об отождествлении гравитации с метрическим тензором риманова пространства. Принцип геометризации можно интерпретировать как разделение сил инерции и гравитации. В ОТО такое разделение вообще невозможно.

Иногда приходится слышать утверждение, что РТГ и ОТО — не разные теории, а всего лишь альтернативные формулировки одной и той же теории Эйнштейна. Это совершенно неверно. Явное присутствие пространства Минковского, его метрического тензора в уравнениях РТГ, описывающих гравитационное поле, позволило отделить инерцию от гравитации и обнаружить влияние именно тяготения на все физические процессы. Кроме того, РТГ может быть записана в единых координатах для всего пространства-времени, например в прямоугольных — декартовых. Оставаясь же в ОТО, основные

уравнения теории — уравнения Гильберта–Эйнштейна — невозможно сформулировать в «прямоугольных» координатах пространства Минковского, поскольку в римановой геометрии, на которой основана ОТО, нет такого понятия. Действительно, в «кривом» пространстве Римана не существует глобальных декартовых координат, т.е. таких, которые повсюду прямоугольны. Следовательно, РТГ — это принципиально иная теория, отличная от ОТО, и поэтому физические предсказания обеих теорий тоже сильно различаются.

А РТГ, в отличие от ОТО, дает совершенно однозначное предсказание: фридмановская Вселенная бесконечна, причем она может быть только плоской, так как ее трехмерная геометрия евклидова. Это означает, что плотность вещества во Вселенной должна равняться критической плотности, $\rho = \rho_0$. Последняя же определяется с помощью известных из опыта значений постоянной Хаббла H и гравитационной константы G :

$$\rho_0 = \frac{3H^2}{8\pi G} \approx 10^{-29} \text{ г/см}^3.$$

Напомним, что постоянная Хаббла характеризует темп расширения Вселенной (см., например, статью академика В.Л. Гинзбурга «Как устроена Вселенная, и как она развивается во времени» [177]).

Однако измеренная астрономами плотность составляет величину, примерно в 40 раз меньшую. Выходит, мы видим лишь 2,5% от всей массы Вселенной. Где и в какой форме существует остальное вещество, нам неизвестно. Следовательно, во Вселенной присутствует «скрытая масса», ее не видно, но она «тяготеет». Это, кстати, согласуется и с недавними астрономическими наблюдениями. Скажем, данные о вращении спиральных галактик, например знаменитой туманности Андромеды, можно объяснить только исходя из предположения, что более 90% вещества таких галактик невидимо ни в одном диапазоне магнитного спектра — от гамма-лучей до радиоволн. Аналогичные данные о присутствии большого количества невидимого вещества есть и для целых галактических скоплений. Так что предсказание РТГ о существовании скрытой массы оправдывается независимыми наблюдениями.

Для объяснения природы невидимой материи было предложено несколько гипотез. Ясно, что скрытая масса не может обладать высокой светимостью в каком-либо диапазоне, иначе астрономы

смогли бы ее наблюдать посредственно — ведь астрономия сегодня стала всеволновой. Скрытая масса не может быть рассыпана по всей Вселенной в виде газа, поскольку газу — будь он горячий или холодный, ионизированный или нейтральный — трудно «утаиться» от астрономов. Того количества межгалактического газа, которое было обнаружено в богатых скоплениях, явно недостаточно, чтобы объяснить нехватку видимой массы.

В качестве одной из гипотез, с помощью которой можно было бы истолковать гравитационное влияние невидимого вещества, были привлечены «черные дыры». Этот термин появился в физике сравнительно недавно, в конце 60-х годов XX века. Придумал его известный американский теоретик Джон Уилер. Однако сам гипотетический объект, которому было присвоено столь экстравагантное наименование, вошел в науку гораздо раньше.

В 1916 году, всего через несколько месяцев после того, как Эйнштейн и Гильберт получили свои уравнения, немецкий астроном Карл Шварцшильд нашел одно из их точных решений. Шварцшильд вычислил метрику для сферически симметричного тела с массой M . Из этого решения непосредственно следует, что как только радиус небесного тела становится равным так называемому гравитационному радиусу, поле тяготения делается бесконечно сильным. Отсюда был сделан вывод, что, согласно ОТО, не существует сферически симметричных тел с радиусом меньшим или равным гравитационному. Теперь решение уравнений Гильберта–Эйнштейна для сферически симметричного тела называется решением Шварцшильда, а сфера с таким радиусом — сферой Шварцшильда. Согласно ОТО, никакое излучение, никакие частицы, даже имеющие сколь угодно большое ускорение, не способны выйти из под сферы Шварцшильда, хотя такая сфера и нематериальна.

Что это означает для астрофизики? Представим себе, что массивная звезда исчерпала все свое ядерное горючее, но еще не потеряла достаточного количества массы, которая остается больше нескольких масс Солнца. Тогда никакие силы внутреннего давления не смогут остановить сжатие умирающей звезды под действием тяготения, и ее плотность будет стремиться к бесконечности — сингулярности. Такой процесс катастрофического «схлопывания» звезды назвали гравитационным коллапсом. Впервые гравитационное самосжатие пылевого облака, давление в котором равно ну-

лю, рассмотрел в 1934 году американский физик Р. Толмен, а в 1939 году Р. Оппенгеймером и Г. Снайдером, тоже в США, был подробно рассмотрен в рамках ОТО весь процесс гравитационного коллапса. И хотя этот расчет вошел во многие учебники (см., например, [178, с.111]), вовсе не всем физикам подобный «катастрофизм» пришелся по душе. Предсказание неограниченного сжатия вещества под действием гравитационных сил отнюдь не представлялось бесспорным. В частности, тот же Уилер рассматривал гравитационный коллапс и возникающую сингулярность как «один из величайших кризисов всех времен в фундаментальной физике». И действительно, результатом коллапса будет бесконечная плотность вещества, которая возникает за конечный промежуток собственного времени. (Может быть, стоит напомнить, что «собственным» называется то время, которое измеряет по своим часам свободно падающий наблюдатель.) Скорость движения вещества внутри сферы Шварцшильда превышает скорость света и неограниченно увеличивается по мере приближения к центру. Звезда при этом сжимается в точку, причем материя куда-то исчезает. От вещества остается лишь статическая гравитационная сила — это поистине напоминает «улыбку Чеширского кота». Никакие сигналы от такого объекта, сколлапсировавшего за шварцшильдову сферу, не приходят, и что там, за «горизонтом событий», происходит, для нас в принципе непознаваемо. Физика, по моему мнению, не должна допускать подобных предсказаний, ибо это означает признание «вещей в себе».

Нам удалось разобраться в этой ситуации. Как с физической, так и с философской точек зрения понятие «черной дыры» хоть и содержит элемент экзотической привлекательности, но приводит к абсурду. Приняв гипотезу «черных дыр», мы вынуждены представить себе материю, развитие которой в одной системе отсчета наблюдается, а в другой нет. Вообразим, например, двух космонавтов, которые отправились посмотреть на черную дыру. Один из них забрался под радиус Шварцшильда и немедленно очутился в ловушке. ОТО предрекает смельчаку ужасную смерть: ему предстоит быстро сколлапсировать до самой сингулярности и быть разорванным на части огромными приливными силами. Другой космонавт, который благодаря двигателям ракет будет находиться на некотором определенном расстоянии от черной дыры, сможет спо-

койно парить во Вселенной, наблюдая таинственную черную область, куда сгинул его напарник и откуда в принципе не удастся получить информацию о том, что там произошло. А ведь они были всего лишь в двух разных системах отсчета!

Вообще-то одна система отсчета может оказаться более адекватной природе, а следовательно, и проще другой. Но самое главное — наблюдаемость физических процессов не должна быть связана с выбором системы отсчета: физическое событие либо происходит, либо нет, и это совершенно не зависит от выбора такой системы.

А что же утверждает РТГ? Оказывается, в новой теории гравитации характер коллапса в корне меняется. В системе отсчета, сопутствующей массивной звезде, ее сжатие происходит тоже за конечное собственное время, как и в ОТО, но это время другое, оно меньше, чем в ОТО. Другими словами, процесс гравитационного сжатия неограниченно замедляется и никогда не достигает сингулярности. С точки зрения внешнего наблюдателя (отставшего космонавта), объект чернеет, но при этом сохраняет внутреннюю структуру. Его яркость экспоненциально уменьшается, однако ничего необычного не происходит, так как плотность вещества всегда остается конечной, не превышая величины 10^{16} г/см³ (это примерно в сто раз больше ядерной плотности). В собственной системе отсчета, связанной со звездой, все физические процессы в теле, приближающемся к шварцшильдовой сфере, начинают протекать бесконечно медленно, и поэтому никакие объекты никогда не могут достигнуть предельного состояния. С точки зрения внешнего наблюдателя, в пространстве Минковского предельное состояние достигается за бесконечное время. Следовательно, не происходит никакого гравитационного «самозамыкания» и вещество не исчезает мистическим образом из нашего пространства. Что же касается реликтовых, т.е. оставшихся от начала расширения, объектов с более высокой плотностью, то возможность их существования не исключается. Таким образом, если сохранить в РТГ термин «гравитационный коллапс», то ему следует придать иное физическое содержание — ведь коллапс уже не приводит к катастрофическому сжатию вещества. Специфическое для РТГ отсутствие катастрофы назвали гравитационным сдерживанием, или замедлением. Например, для тела с колоссальной массой — порядка ста миллионов сол-

нечных — средняя плотность материи будет равна всего 2 г/см^3 , т.е. примерно удвоенной плотности воды. Плотность вещества в коллапсирующей звезде с такой массой не очень велика, ее внутренняя область имеет структуру и может быть в принципе наблюдаемой из внешней системы отсчета. Одним словом, с точки зрения РТГ в природе не смогут существовать ни статические, ни меняющиеся со временем сферически симметричные тела с радиусом, меньшим или равным радиусу Шварцшильда r_g .

Все только что сказанное относилось к модели космической пыли, в которой время равно нулю, и даже в этом случае не возникает никакой патологической сингулярности. В реальных же астрофизических объектах, надо полагать, гравитационное сжатие проявляет себя еще слабее, поэтому, согласно РТГ, никаких «черных дыр», в которых происходит катастрофическое сжатие вещества до бесконечной плотности, в природе быть не может, а следовательно, устраняется и «величайший кризис всех времен» фундаментальной физики. Так что и источник «скрытой массы» нужно искать среди других объектов, а не в «черных дырах».

РТГ ликвидирует и другие «неприятности», встречающиеся в ОТО. В частности, был проведен детальный анализ предсказаний ОТО для гравитационных эффектов в пределах Солнечной системы. Выяснилось, что эти предсказания неоднозначны — разные решения уравнений ОТО для одной и той же задачи в одних и тех же координатах дают разные результаты для физически наблюдаемых величин, например для времени запаздывания светового сигнала в гравитационном поле. Возникает вопрос: какое же из таких решений предпочесть? Этот вопрос имеет сегодня уже не только умозрительно-теоретический, но и практический смысл, скажем, для лазерной локации астрофизических объектов. ОТО, хотя это многие не понимают, не дает определенного предсказания результата такого опыта, тогда как РТГ объясняет всю имеющуюся сейчас совокупность наблюдательных и экспериментальных данных для гравитационных эффектов в Солнечной системе.

Результаты своей работы А. Логунов и сотрудники видят в том, что новая теория гравитации содержит уравнения Гильберта–Эйнштейна, принципиально изменяя их смысл, поскольку переменные поля в них становятся теперь функциями переменных про-

странства Минковского. К тому же эта новая теория содержит уравнения, задающие структуру гравитационного поля как такого, которое обладает определенными спиновыми состояниями. Именно эти последние уравнения и отделяют силы инерции от гравитации. Принципиально изменяется идеология: пространство Минковского приобретает универсальный характер, а специальная теория относительности (СТО) становится всеобщей теорией. Псевдоевклидова метрика Минковского определяет эталонную геометрию, без влияния гравитационного поля. Движение тел и световых сигналов происходит в эффективном римановом пространстве, но мы как бы заглядываем глубже, «под» него. Плоский «фон» Минковского — это, если угодно, скрытая симметрия, проявляющаяся в законах сохранения. В этом смысле подход к гравитационному взаимодействию в какой-то степени близок к современным теориям поля. Однако есть и существенное различие между ними и РТГ, которое состоит в следующем. Обычно в современных полевых теориях, например в разных вариантах теорий слабых и сильных взаимодействий, никогда не затрагивалась геометрия. Математически это выразалось тем простым фактом, что взаимодействие всегда добавлялось просто как дополнительное слагаемое в исходную величину всех полевых теорий — функцию Лагранжа, или лагранжиан, при этом взаимодействие никогда не затрагивало в уравнениях вторые производные. Но именно вторые производные несут на себе отпечаток геометрии. В новой же теории гравитационное поле входит во взаимодействие как раз на уровне вторых производных, и именно поэтому под влиянием поля возникает «эффективная» риманова геометрия. Но от исходного плоского пространства ни в коем случае нельзя отказываться — это слишком фундаментальная вещь, которая отражает существование законов сохранения материи. Такой подход — с использованием пространства Минковского — открывает естественный путь к построению будущих квантовых теорий гравитации.

В свое время к такому пониманию гравитации был удивительно близок академик В.А. Фок. Надо сказать, что он вообще обладал выдающейся математической «мощью» и предпочитал действовать, что называется, из первых принципов, а плоское пространство Минковского «под» полевой теорией — это как раз и есть первый

принцип. Другие физики, конечно, тоже время от времени натыкались на необходимость введения плоского «фона» — например, ассистент Эйнштейна Натан Розен, затем известные специалисты по теории поля индийский теоретик С. Гупта, австриец Вальтер Тирринг, даже Ричард Фейман. И все-таки, по-видимому, ближе всех к РТГ подошел Фок. Еще в 1939 году он писал: «Возможность введения в общей теории относительности однозначным образом определенной инерциальной координатной системы заслуживает быть отмеченной». Однако к стремлению уложить теорию тяготения в рамки евклидова пространства В.А. Фок относился отрицательно, и он был прав, так как в ОТО этого сделать нельзя. Выйти же за рамки ОТО В.А. Фок так и не сумел. Здесь еще раз проявилась излишняя канонизация ОТО.

Высказав в журналах ([174, с.38–44], [175, с.61–71], [176, с.36], [179]) мысль, что ОТО не последовательна и противоречива, А. Логунов предлагает заменить ее релятивистской теорией гравитации (РТГ). В.Л. Гинзбург счел необходимым остановиться на вопросах, затронутых в этих публикациях. Он считает, что наука не знает непогрешимых. Большое, иногда даже исключительное, уважение, которое физики (буду для определенности говорить о физиках) испытывают к великим представителям их профессии, особенно к таким титанам, как Исаак Ньютон и Альберт Эйнштейн, не имеет ничего общего с канонизацией святых, с обожествлением. И великие физики — люди, а у всех людей есть свои слабости. Если же говорить о науке, которая нас здесь и интересует, то и самые великие физики далеко не всегда и не во всем были правы. Почтение к ним и признание их заслуг основано не на непогрешимости, а на том, что им удавалось обогатить науку замечательными достижениями, видеть дальше и глубже их современников.

Среди современных «критиков» ОТО считается, что физики защищают теорию относительности и квантовую механику, восхищаются Эйнштейном и Бором в силу невесть чего — философского идеализма, догматизма или невежества, а то даже в силу групповщины или национализма [159, с.41].

По мнению В.Л. Гинзбурга, на страницах научно-популярных изданий А.А. Логунов «декларирует» и комментирует свою позицию без достаточного научного анализа.

Советские и иностранные физики, с которыми В.Л. Гинзбург обсуждал ОТО, считают, что ОТО является последовательной физической теорией — на все правильно и четко поставленные вопросы, допустимые в области ее применимости, ОТО дает однозначный ответ (последнее относится, в частности, к времени запаздывания сигналов при локации планет). Не страдает ОТО и какими-либо дефектами математического или логического характера. Очевидно, что мнение многих физиков, вообще говоря, значительно убедительнее, или, лучше сказать, надежнее и весомее, чем мнение одного физика.

Одним из крупнейших достижений математики прошлого века стало создание и развитие Лобачевским, Бойяи, Гауссом, Риманом и их последователями неевклидовой геометрии. Тогда же возник вопрос: какова на самом деле геометрия физического пространства-времени, в которой мы живем? Как сказано, согласно ОТО, эта геометрия неевклидова, риманова, а не псевдоевклидова геометрия Минковского (об этой геометрии подробнее рассказано в статье А.А. Логунова). Эта геометрия Минковского явилась, можно сказать, порождением специальной теории относительности и пришла на смену абсолютному времени и абсолютному пространству Ньютона. Последнее непосредственно до создания СТО в 1905 году пытались отождествить с неподвижным эфиром Лоренца. Но от лоренцова эфира, как от абсолютно неподвижной механической среды, потому-то и отказались, что все попытки заменить присутствие этой среды не увенчались успехом (я имею в виду опыт Майкельсона и некоторые другие эксперименты). Гипотеза о том, что физическое пространство-время обязательно в точности пространство Минковского, которую принимает А.А. Логунов в качестве основополагающей, является очень далеко идущей. Она в некотором смысле аналогична гипотезам об абсолютном пространстве и о механическом эфире и, как представляется, остается и останется совершенно не обоснованной до тех пор, пока в ее пользу не будут указаны какие-либо аргументы, основанные на наблюдениях и опытах. А такие аргументы, по крайней мере в настоящее время, полностью отсутствуют. Ссылки же на аналогию с электродинамикой и идеи замечательных физиков прошлого века Фарадея и Максвелла никакой убедительностью в этом отношении не обладают.

Отмечается, что ОТО можно сформулировать и в привычном из электродинамики виде с использованием понятия плотности энергии или пульса.

Однако вводимое при этом пространство Минковского является чисто фиктивным (ненаблюдаемым), и речь идет лишь о той же ОТО, записанной в нестандартной форме. Между тем А.А. Логунов считает используемое им в релятивистской теории гравитации (РТГ) пространство Минковского реальным физическим, а значит, наблюдаемым пространством.

О том, в какой степени ОТО отвечает физической реальности, можно судить по экспериментальной проверке ОТО [180, 181].

Вывод при этом вполне определен — все имеющиеся данные экспериментов или наблюдений либо подтверждают ОТО, либо противоречат ей. Однако, как уже указывали, проверка ОТО производилась и происходит в основном лишь в слабом гравитационном поле. Кроме того, любой эксперимент имеет ограниченную точность. В сильных гравитационных полях (грубо говоря, в случае, когда отношение $|\phi|/c^2$ не мало) ОТО еще в достаточно полной мере не проверена. Для этой цели можно сейчас практически использовать лишь астрономические методы, касающиеся очень далекого космоса: изучения нейтронных звезд, двойных пульсаров, «черных дыр», расширения и строения Вселенной, как говорят, «в большом» — на огромных просторах, измеряемых миллионами и миллиардами световых лет. Много в этом направлении уже сделано и делается. Достаточно упомянуть об исследованиях двойного пульсара PSR 1913+16, для которого (как и вообще для нейтронных звезд) параметр $|\phi|/c^2$ уже порядка 0,1. Кроме того, в этом случае удалось выявить эффект порядка $(v/c^2)^5$, связанный с излучением гравитационных волн. В грядущих десятилетиях больше возможностей для исследования процессов в сильных гравитационных полях.

Путеводной звездой в этих захватывающих дух исследованиях является в первую очередь ОТО. Вместе с тем, естественно, обсуждаются и некоторые другие возможности — иные, как иногда говорят, альтернативные, теории гравитации. Например, в ОТО, как и в

теории всемирного тяготения Ньютона, гравитационная постоянная G действительно считается постоянной величиной. Одной из самых известных теорий гравитации, обобщающих (или, точнее, расширяющих) ОТО, является теория, в которой гравитационная «постоянная» считается уже новой скалярной функцией — величиной, зависящей от координат и времени. Наблюдения и измерения свидетельствуют, однако, о том, что возможные относительные изменения G со временем очень малы — составляют, по-видимому, не более стамиллиардной в год, т.е. $|dG/dt|/G < 10^{-11}$ год⁻¹.

Но когда в прошлом изменения G могли бы играть роль? Отметим, что, даже независимо от вопроса о непостоянстве G , предположение о существовании в реальном пространстве-времени, помимо гравитационного поля g_{ik} , также некоторого скалярного поля ψ является магистральным направлением в современной физике и космологии. В других альтернативных теориях гравитации ОТО изменяются или обобщаются иным образом. Против соответствующего анализа, конечно, нельзя возражать, ибо ОТО — не догма, а физическая теория. Более того, ОТО, являющаяся некантовой теорией, заведомо нуждается в обобщении на квантовую область, которая еще недоступна известным гравитационным экспериментам. Исходя из экспериментов и наблюдений, произведенных в пределах Солнечной системы, РТГ не может вступить в противоречие с ОТО.

Что же касается «черных дыр» и Вселенной, то авторы РТГ утверждают, что их выводы существенно отличны от выводов ОТО, но какие-либо конкретные данные наблюдений, свидетельствующие в пользу РТГ, нам неизвестны.

Поэтому РТГ А.А. Логунова может рассматриваться лишь как одна из допустимых альтернативных теорий гравитации [159].

7.6. Единство физики и концепция калибровочных полей

Наиболее полный философско-методологический анализ единства физики в концепции калибровочных полей приведен в работе В.А. Фирсова [182]. История человечества неустанно являла миру таких его представителей, чей неукротимый дух и неистребимая ве-

ра в свои силы приходили в столкновение с ограниченностью и неполнотой имеющегося знания, способов его получения. Они жаждали великих истин не в далеком туманном будущем, а в живом осязаемом настоящем. Образ универсального закона, властвующего как над миром в целом, так и над отдельными его частями, был притягательной и живительной силой, направляющей и поддерживающей их деятельность. Они постоянно искали ту «точку опоры», тот принцип, «развернув» который, можно было бы получить все видимое многообразие бытия. Такие люди, отмеченные печатью устремленности к всеобщему, встречаются нам не только в философской науке, где им быть предписано, так сказать, самой судьбой, но и в другой науке, более «земной», — физике. Именно в русле этих устремлений лежат грандиозные замыслы и сами попытки синтеза физики на основе теоретико-полевой идеи (или, иначе говоря, континуалистской), предпринятые в начале века, скажем, Г. Ми, Дж. Ишиварой, Г. Нордстремом — учеными, которые были уверены в том, что первичной физической реальностью является электромагнитное поле, а в более позднее время — Г. Вейлем, Т. Калуцей, А. Эйнштейном и др., стремившимися получить из схемы пространственно-временной геометрии уравнения единого поля, которые учитывали бы в своих решениях корпускулярные и квантовые аспекты материи. Последний из перечисленных подходов, носящий название программы полевого геометрического синтеза физики, получает сегодня конкретизацию в калибровочных концепциях поля, которые выступают для физиков в качестве некоего «философского камня», поддерживающего надежду на возможность извлечения из многообразия частиц и сил сходной простоты мироздания, способной служить основой желанного единства теоретических воззрений.

История развития калибровочной концепции поля в определенной степени дает основание для подобных надежд [190, с.247–281]. Открытие калибровочной симметрии и калибровочной природы электромагнитного поля первое время не рассматривалось в качестве какого-то важного события: эти аспекты относились к формальным и физически несущественным в электродинамике, поскольку основные ее законы (как классической, так и квантовой) были сформулированы без использования калибровочной концепции. Эта концепция, открытая Г. Вейлем в конце второго десятиле-

тия и развитая далее в 20–30-х годах XX века им же, а кроме того, В. Паули, В.А. Фоком, П.А.М. Дираком, позволила углубить связь с другими полями и элементарными частицами, в результате чего в середине 50-х–начале 60-х годов появилась возможность ее обобщения на различные внутренние симметрии элементарных частиц. На основе ее появилась единая теория электромагнитных и слабых взаимодействий Вайнберга–Салама, а также квантовая хромодинамика — теория сильных взаимодействий.

Таким образом, открытие калибровочной природы электромагнитного поля исторически в конце концов привело к тому, что оказались связанными многие фундаментальные физические теории и концепции: общая теория относительности, единые геометризованные теории поля, квантовая механика (как релятивистская, так и нерелятивистская), квантовая теория поля, теоремы Нетер (объединяющие законы сохранения с принципами инвариантности), а также методологические идеи и принципы физики — принцип наблюдаемости, близкодействия, симметрии и т.д. Именно поэтому физики рассматривают калибровочную концепцию поля в качестве одного из претендентов на основу в построении единой квантовой теории взаимодействия элементарных частиц, в качестве орудия дальнейшего синтеза физики.

Понятно, что калибровочные поля как интегрирующее начала в арсенале теоретической физики требуют своего осмысления и в философско-методологическом аспекте. Однако работы именно такого плана, если не считать тех, где более или менее полно затрагиваются отдельные моменты этого вопроса [183], [184, с.163–202], [185, с.223–254], [186, 187], [188, с.118] в философской литературе отсутствуют. Исследование носит предварительный характер и нацелено на анализ самых общих аспектов философско-методологического осмысления проблемы единства физики в концепции калибровочных полей.

Имеется точка зрения, что единство физики нельзя усмотреть в каких-либо отношениях физических объектов: оно в своем внутринаучном проявлении связано с глубинными свойствами самих знаний, которые описываются уже не в терминах физики, а в категориях математического уравнения — теории научного знания, логики и методологии науки. В более «заостренной форме» эта позиция выражена так: «представляется, что вопросы типа: «В каких нуклонах

или тахионах нуждается физика, чтобы стать всеохватывающей окончательно?» — хотя и имеют отношение к проблеме единства знания, но, однако, не с философско-методологической точки зрения. Это ... сфера деятельности естествоиспытателя» [189, с.92].

В приведенной позиции наблюдается перекося в сторону переоценки значимости всеобщего знания по отношению к конкретно-научному, поскольку утверждается, что единство физики не может быть эксплицировано в понятиях этой науки. Однако физика находила понятия и концепции для своего синтеза в собственной сфере. Иное дело, что при этом обходились без влияния философских установок на конкретно-научное творчество того или иного ученого, а тем самым и без проникновения философско-методологических принципов и понятий в концептуальную физику [182].

Методологическая позиция по отношению к философскому анализу единства физики в свете калибровочных концепций поля должна состоять не в отказе физическому знанию в возможности имманентного синтеза, а в поиске конкретных форм, в которых этот синтез «пересекается» с всеобщим знанием. «Чистая» логика едва ли может помочь анализу такого рода: в качестве методологического продукта она порождает далекие от научной практики и даже совсем ошибочные положения (как, например, отождествление единства знания с его объективностью) [189]. Все это, конечно, не означает, что отвергается позитивная роль методологии развития научного знания в формах метатеоретического уровня. Такая методологическая идеализация развития науки, как научно-исследовательские программы [191, с.172–197], дает возможность объективного отражения многих его содержательных моментов.

Суть дела заключается в отражении взаимосвязи между единством и дифференциацией в науке (а не единства и объективности знания). На то, что положение о наличии дифференциации наук даже при отсутствии их единства вполне совмещается с утверждением об объективности представленного в них знания, справедливо обращает внимание А.Л. Никифоров [192, с.119]. Однако вместо того чтобы сделать логически напрашивающийся переход к выявлению роли единства в дифференциации наук (и наоборот), этот исследователь выдвигает положение об отсутствии единства в самом научном познании, об определяющей роли дифференциации в

нем, а кроме того, положение о синтезе и интеграции как об остановке в движении науки [192, с.119].

На примере научно-исследовательских программ (как модели развития научного знания) достаточно ясно видно, что эти два положения неправомерны. Действительно, «ядро» программы, задавая целостность последней, определяют ее стратегию и тем самым показывают, что единство в научном знании есть не остановка в его развитии, а напротив, импульс к нему. Определяющая же роль целостности («ядра») по сравнению с дифференциацией в эволюции науки видна из функции тактики «защитного пояса» программы, который все «аномалии» и «контрприемы» согласовывает с «ядром» программы, подчиняя их ему. Естественно, что смена целостности («ядра») на новую и приведет к новому виду соответствующей ей дифференциации. Накопление изменений (дифференциаций) выступает, в свою очередь, в качестве условия, которое подготавливает смену целостности.

В итоге философско-методологического обсуждения единства физики, проведенного по необходимости в самом общем плане, можно сделать следующие выводы. Во-первых, понимание философского смысла калибровочных концепций поля может быть достигнуто лишь на основании выявления конкретной взаимосвязи естественнонаучных и философских составляющих этих концепций в решении проблем синтеза физики. Во-вторых, основой решения только что указанной задачи должен послужить поиск того «ядра» калибровочных концепций, которое в порождении собственной дифференциации охватывает (покрывает) все многообразие непосредственных (разрозненных эмпирических и теоретических) физических данных [182].

Термины «калибровочные преобразования», «калибровочная симметрия», «калибровочные поля» генетически восходят к термину «масштабная инвариантность» (или «калибровочная инвариантность»), введенному Г. Вейлем в его теоретических изысканиях в конце второго десятилетия XX века, связанных с попыткой сформулировать единую теорию поля, которая объединила бы электромагнетизм и общую теорию относительности [193, с.513–527]. В теории Вейля для каждой точки пространства-времени предполагается различный масштаб длины и времени. При этом его теория оставалась инвариантной по отношению к произвольным расширениям или сжатиям пространства. Сам же выбор соглашения о

масштабе он сравнивал с выбором калибровочных блоков, т.е. стальных полированных блоков, употребляемых в качестве стандарта длины. Таким образом, в теоретической физике появился термин «калибровка», но уже с новым, необычным его значением.

Калибровочные преобразования, следовательно, стали относиться к тем преобразованиям, которые описывают движение частицы и не меняют ее физического состояния [194]. Как замечает Т. Хоофт по поводу вейлевской теории, эта последняя была угадана почти точно, при условии замены масштабов длины «фазовыми углами» [195]. Действительно, для науки оказались важными симметрии такого вида, в которых именно фаза квантового поля может быть выбрана произвольно.

Т. Хоофт рассматривает два случая [195]. В первом случае волна поля электрона, распространяясь, проходит через две щели и дает интерференционную картину, которая остается неизменной и при осуществлении сдвига фаз на одну и ту же величину во всех точках поля. Следовательно, здесь выбор фаз в теоретическом описании поля является вопросом соглашения. Во втором же случае изменение фазы возникает за счет прохождения лишь через одну щель. Интерференционная картина становится иной, т.е. инвариантность нарушается. Оказывается, что сохранение инвариантности теории электронных полей в этих локальных калибровочных преобразованиях без учета других форм материи становится несущественным. Для восстановления локальной калибровочной симметрии требуется введение дополнительного поля, которое компенсировало бы локальный произвольный сдвиг фазы волны электрона. Эти поля получили название компенсирующих векторных калибровочных полей.

Компенсация фазы происходит следующим образом. Действие электромагнитного поля, состоящее в передаче сил между зарядами, приводит к изменению состояния их движения и, конечно, к изменению их фазы. Так, поглощение электроном кванта этого векторного поля — фотона — вызывает сдвиг фазы. Аналогичная картина и при пропускании фотона: фаза сдвигается. К сожалению, как это отмечалось выше, теория, объединившая поля электрона с электромагнитными полями (и называемая квантовой электродинамикой), исторически возникла не благодаря только что изложенной красивой концепции — калибровочной концепции поля. И возвращаясь

еще раз к вопросу терминологии, можно было бы вместе с Ч. Янгом сказать, что будь в том нужда, сегодня следовало бы, очевидно, сменить термин «калибровочная инвариантность» на термин «фазовая инвариантность» (соответственно поступить и с полями) [196].

Общий смысл калибровочных полей и локальных калибровочных преобразований в популярной форме (в изложении П. Девиса [3]) можно проиллюстрировать следующим примером. Всем известно, что астронавт, находящийся на борту космического корабля, который движется равномерно и прямолинейно в мировом пространстве вдали от планет и других небесных тел, ощущает состояние полной невесомости, свободно парит в кабине. Если же калибровочные преобразования траектории выбраны так, что космический корабль запрограммирован для полета по круговой траектории, то астронавт уже не будет свободно парить — его прижмет к стенке корабля. Однако когда корабль движется по круговой орбите вокруг какой-нибудь планеты (скажем, Земли), тогда состояние невесомости возникает вновь. То есть то, что испытывает в данном случае реальный астронавт, неотличимо от ощущения астронавта, летящего в межзвездном пространстве равномерно и прямолинейно. Причина этого совпадения такова: гравитация (тяготение) планеты в точности компенсирует эффекты, вызванные кривизной траектории космического корабля, она строго компенсирует отклонение системы от прямолинейного движения. Отсюда вывод: законы физики можно сделать инвариантными даже относительно локальных калибровочных преобразований, если ввести гравитационное поле для компенсации от точки к точке. Надо помнить, что в квантовом описании калибровочные поля связаны с частицами вещества, и концепцию калибровочного преобразования требуется расширить, связав с фазой квантовой волны, описывающей частицу [182].

Чтобы в естественнонаучном материале вычленить уровень, соответствующий философско-методологическому обобщению, прежде всего следует найти некое «ядро» в калибровочной концепции, которое проявляет синтезирующий характер. Именно таким свойством обладает принцип локальной калибровочной инвариантности [182].

Дело в том, что в физике середины XX века существовал понятийный разрыв между симметриями внешними, т.е. пространственно-временными, и внутренними (связанными, например, с изотопической инвариантностью, отражающей независимость силь-

ных взаимодействий от электрического заряда частиц). В этих последних симметриях преобразования касались только внутренних характеристик частиц и не затрагивали пространственно-временных перемещений. Так, во введенном условном изотопическом пространстве протон и нейтрон отличаются друг от друга проекцией изотопического спина и переходят один в другой при вращениях изотопического спина в этом пространстве. Сильное взаимодействие симметрично относительно указанных вращений и не может отличить протон от нейтрона.

Независимость внутренних симметрий от пространственно-временных координат делает ее глобальной. Условно говоря, «стрелка» спина нуклона (из изотопического пространства) должна одновременно проворачиваться на один и тот же угол во все точки обычного пространства, чтобы устранить произвол в том, что считать протоном, а что нейтроном. Однако это противоречит законам физики, поскольку сигнал, информирующий о том, в какое положение должна вернуться «стрелка» спина нуклона, не может передаваться мгновенно из одной точки пространства-времени в другую. «Охранную» роль здесь играют принципы близкодействия и локальности полей. Следовательно, в концепциях ядерных сил назрела проблема перехода от глобальных симметрий к локальным.

Решению именно этой задачи и была посвящена написанная в 50-е годы прошлого века и оставшаяся первое время незамеченной работа Ч. Янга и Р. Миллса [197, с.28–37]. Введенные в физику компенсирующие поля, или, точнее, калибровочные поля Янга–Миллса, дали возможность объединить внутреннюю и внешнюю симметрии.

Данное объединение представляет собой благодатную почву для пышного роста физических и философско-методологических идей. Так, например, отмечается, что принцип калибровочной инвариантности (на основе которого и появился в теории новый физический объект — калибровочное поле) дает возможность для максимального введения взаимодействий, т.е. свойства калибровочных полей можно исследовать независимо от эксперимента [195]. Конечно же, такая постановка вопроса поднимает давнюю проблему соотношения физики и математики, причем в таком ее аспекте, когда считается, что «аксиоматическая основа теоретической физики не может быть извлечена из опыта, а должна быть свободно изобретена» [15]. Подобный вывод будет правомерен, если перейти на позиции ма-

тематики, в рамках которой теория калибровочных классических полей становится, аналогично общей теории относительности, чисто геометрической теорией. При этом произвольному калибровочному полю соответствует геометрия расслоенного пространства, получаемого из обычного пространства-времени заменой его точек «внутренними» пространствами, в которых действует калибровочная группа [194]. Следует заметить, что выход на понятие пространства — это выход еще на одно объединяющее начало в физике [182].

При геометрическом подходе само взаимодействие рассматривается как проявление динамической структуры пространства. Калибровочные поля, еще по идее Янга и Миллса, трактовались как взаимодействия, связывающие между собой локальные пространства внутренних симметрий элементарных частиц. Поэтому в расслоенном пространстве коэффициенты связности оказываются соответствующими вектор-потенциалам калибровочных полей. По этой причине принято считать, что при описании любых взаимодействий, которые осуществляются через какое-либо калибровочное поле, можно избавиться от понятия силы и сделать теорию таких взаимодействий чисто геометрической, подобно общей теории относительности [194]. Эйнштейновская идея геометризации полей, как считают Н.П. Коноплева и Г.А. Соколик, настолько сильна, что с ее помощью можно надеяться найти геометрические аналоги квантовых свойств физических систем [188, с.118–127].

В полностью геометризованных теориях понятие взаимодействия отсутствует, и информация о движении частиц выражается уже геометрическими свойствами пространства-времени, а не понятием силового поля. Но именно на этом этапе логического развития идеи геометризации полей возникает противоречие философского порядка. С одной стороны, они считают, что «идея локализации внутренних симметрий наряду с пространственно-временными и введение калибровочных полей — это развитие и обобщение идеи Эйнштейна о том, что геометрия пространства не задается *a priori*, а определяется взаимодействием физических тел» [188, с.118–127]. С другой же стороны, они согласны понимать «под естествознанием *a priori* независимость математической теории от экспериментальных данных, а доопытность — как логическое предшествование схемы теоретических понятий любому эксперименту» [188, с.118–127]. Но это, второе, по сути дела, означает отделение эксперименталь-

ных данных (также и физических) от геометрии, а следовательно, провозглашение независимости последней от физических тел, что противоречит высказанной авторами первой мысли.

В приведенной цитате остается нераскрытым вопрос, предшествует ли логически теоретическая схема тем экспериментам, которые поставлены до ее появления (ведь авторы допускают логическое предшествование «любому эксперименту»). Ответ, конечно же, не может быть таким однозначным, как он дается выше этими авторами, поскольку именно развитие физики довольно часто стимулировало появление новых форм и направлений в математике (т.е. некоторых «схем») [182].

Одним из вариантов, а вернее, попыток разрешения рассмотренного противоречия оказался подход А. Пуанкаре, состоящий в утверждении дополнительности физики и геометрии [198, с.52–62]. Суть этого утверждения в том, что предметом проверки на опыте принимается только «сумма» геометрии и физики, когда считается невозможным получить информацию о поведении реальных вещей только через геометрию или только через физику. Поэтому, считал Пуанкаре, мы можем произвольно выбирать геометрию, а соответствия с опытом добиваться подгонкой, перебором физической «составляющей». При таком подходе достигается определенный компромисс, поскольку выбранная геометрия не зависит от физики, хотя, с другой стороны, сам выбор является результатом конвенции и в этом смысле произволом, а отсюда, следовательно, физика сохраняет свое влияние на геометрию.

Однако в подобного рода рассуждениях не разводятся онтологический и гносеологический аспекты. Проблема дополнительности физики и геометрии является частью более общей гносеологической проблемы — проблемы концептуального выражения единой физической реальности [185, с.223–254]. В самом деле, реальность, существующая сама по себе (т.е. рассматриваемая онтологически), в физическом познании расчленяется на две самостоятельные составляющие: геометрическую и негеометрическую. Все свойства материи делятся соответственно на два класса: пространственно-временные и все остальные (такие, как движение, причинность, взаимодействие и т.д.). Но тогда возникает вопрос: каким образом определить, чем вызвано какое-либо изменение — геометрическими или негеометрическими свойствами этой реально-

сти, поскольку в опыте они не даны нам обособлено друг от друга? Ведь это единство физической реальности проявляется уже в том, что отсутствует четкая грань между физическими и геометрическими компонентами: между физикой и геометрией существует не только дополнительность, но и соответствие [185, с.223–254]. Так, линейный временной порядок соответствует причинному порядку, непрерывность пространства и времени — по принципу близкодействия, пространственно-временная метрика является основой для формулировки законов движения и т.д.

С онтологической точки зрения, пространство и время представляют собой формы существования, атрибуты материи. Именно поэтому они зависят не только друг от друга, но и от материи, от конкретных ее видов. Вполне понятно, что материальные объекты физической формы движения также оказывают специфическое влияние на пространство и время. С этих позиций трудно воспринять положение сторонников геометродинамики Ч. Минцера и Дж. Уилера о том, что в мире нет ничего, кроме искривленного пространства, в котором материя, заряд, электромагнетизм и другие поля суть проявления его искривленности, т.е. положение о том, что физика есть геометрия [199]. Таким образом, в данной онтологии дополнительность физики и геометрии устраняется в пользу последней. Однако, как, по нашему мнению, верно замечает В. Барашенков, трудно воспринять это положение с методологических позиций, поскольку «следов», оставляемых материальными процессами в свойствах пространства и времени, совершенно недостаточно, чтобы можно было во всех деталях восстановить неисчерпаемое богатство материального мира, т.е. в геометродинамике реальная физическая ситуация, действительное соотношение вещей вывернуты наизнанку [200]. Если в физике установлено, что определенной массе соответствует вполне определенное количество энергии, и в этом смысле говорят об «эквивалентности» массы и энергии, то это вовсе не означает сводимость материи к энергии, к движению. Аналогично из того факта, что гравитации всегда соответствует строго определенное искривление пространства-времени, нельзя делать выводы о сведении материи к ее атрибутам — можно сказать лишь об их «эквивалентности» [187].

Тем не менее, если придерживаться метода восхождения от абстрактного к конкретному, мы можем допустить и в физическом по-

знании движение мысли от каких-либо положений, отражающих суть пространства (как абсолютного начала), к понятиям и законам физической реальности. В этом ключе, по-видимому, и следует воспринимать высказывание А. Эйнштейна, что «первичную роль играет пространство; материя же должна быть получена из пространства, так сказать, на следующем этапе» [59]. Аналогичную точку зрения мы можем найти и в истории философии. Например, Гегель писал: «Часто начинали развертывание с материи и затем рассматривали пространство и время как ее формы. Правильным в таком способе рассмотрения является то, что материя представляет собой реальное в пространстве и времени. Но здесь пространство и время благодаря своей абстрактности должны нам представляться первыми, а затем должно обнаружиться, что их истиной является материя» [201].

Таким образом, все изложенное выше демонстрирует активный поиск физиками и философами понятийного соотношения пространства и физического объекта, взаимного проникновения соответствующих понятий.

Движение познания вглубь материи связано с увеличением информационной емкости изучаемых объектов, поэтому все более информационно емкими должны становиться и используемые в физике представления о пространстве, что заставляет теоретиков привлекать для построения модели движения в микро- и субмикром мире в отношении топологических и теоретико-групповых структур абстрактные математические пространства [183]. Для калибровочных полей привлекается геометрия расслоенных пространств. Эта геометрия является обобщением римановой геометрии и включает ее как свой частный случай [202, с.485–507]. Переход от четырехмерного пространства-времени к расслоенному дает новые возможности: физическое пространство, определяемое взаимодействиями, может быть многомерным и бесконечномерным. Стремление использовать в физике идею многомерности пространства-времени дало положительный результат в виде концепции суперструн.

Для философского осмысления расслоенных пространств в их отношении к физике интерес представляют, как отмечается И. Акчуриным и М. Ахундовым, симплектические структуры, поскольку последние как в механике, так и в квантовой теории поля дают возможность по-новому трактовать уже известные понятия [184,

с.181–190]. Например, в механике силы начинают рассматриваться как топологические меры отклонения динамических систем от инерциальности, уравнения Максвелла — как отклонения от распространения поля в простейшем случае, т.е. отсутствия зарядов и токов, и т.д. Обращение к идее симплектичности в квантовой теории поля затрагивает проблему квантования вообще и конкретно — в контексте изложения калибровочных полей.

Трудности, с которыми столкнулись теоретики в своей попытке объединить четыре фундаментальных взаимодействия, были обусловлены тем, что гравитация оказалась непригодной для фундаментального объединения, поскольку была несовместима с одним из крупнейших достижений нашего столетия — квантовой механикой. «Подобно тому, — пишет С. Энтони, — как сам Эйнштейн не смог принять квантовую механику, его величайшее творение оказывается противоречивым с точки зрения основанной на вероятностях квантовой теории» [203]. В самом деле, прямое применение правил квантовой механики к теории гравитации Эйнштейна дает бесконечное значение вероятностей процесса. При этом правила перенормировки для устранения расходимостей не помогают. Таким образом, физик оказывается на распутье: отказаться ли от элегантной, но поверхностно проверенной общей теории относительности, или же от квантовой механики, базирующейся на серьезном экспериментальном фундаменте.

Выход из создавшейся ситуации пытались найти на основе использования метода континуального интегрирования, разработанного Р. Фейнманом. Благодаря именно этому методу было замечено, что калибровочные поля, являющиеся полями геометрического происхождения (представляющие связности в некотором расслоении над четырехмерным пространством-временем), требуют такую их специфику учитывать при квантовании. Р. Фейнман впервые обнаружил это на примерах поля Янга–Миллса и поля тяготения. Как им было показано, использование методов квантования, аналогичных методу Ферми в квантовой электродинамике, ведет к нарушению условия унитарности. Решение данной проблемы и некоторых других, связанных с калибровочными полями, дало основание В.Н. Попову утверждать, что любые теории калибровочных полей наиболее естественно формулируются на языке континуальных (фейнмановских) интегралов [194]. Ведь поля, получающиеся

друг из друга калибровочными преобразованиями, описывают одну и ту же физическую (геометрическую) ситуацию и поэтому физически (геометрически) неразличимы, и данное свойство наводит на мысль сделать объектом теории классы полей, что как раз доступно методу континуального интегрирования [194]. Этот последний позволяет записать величины, представляющие физический интерес, в виде интегралов «по всем полям» с весом $e^{iS/\hbar}$, где S — классическое действие системы, \hbar — постоянная Планка.

Хотя метод интегралов по траекториям дает великолепный образец преемственности квантовой теории и классической механики [204], тем не менее сохраняются все особенности первой (так же, как и другие математические формулировки), и прежде всего — существенно вероятностный характер. При этом наблюдаются богатые аналогии [204]. Так, с точки зрения математики, интегралы по траекториям эквивалентны функциям распределения в статистической физике, т.е. квантовая теория поля в четырехмерном пространстве-времени эквивалентна классической статистической механике гипотетической термодинамической системы с четырьмя пространственными координатами. В такой аналогии константа связи в квантовой механике играет роль обратной температуры. При использовании ЭВМ (с заменой непрерывного евклидова пространства дискретной совокупностью точек — решеткой) данная аналогия обеспечивает, например, надлежащую ультрафиолетовую регуляцию квантовой теории, т.е. обрезание ультрафиолетовой расходимости [205]. Однако все это оказывается недостаточным для того, чтобы непротиворечивым образом создать квантовую теорию гравитационного поля в рамках единого калибровочного подхода.

Физики, как отмечает С. Энтони, пошли на компромисс: для больших расстояний оставить теорию Эйнштейна, для малых же — искать новую теорию, где возможно согласование с квантовой механикой. Шагом в этом направлении оказалась теория, объединяющая принципы калибровочной инвариантности и суперсимметрии, — теория супергравитации [203]. Суть суперсимметрии в том, что она устанавливает симметрию между фермионами и бозонами, например, между частицами материи — кварками и лептонами и частицами — переносчиками взаимодействий, такими, скажем, как фотон в случае электромагнетизма. Для каждой элементарной частицы

в этой теории имеется свой «суперпартнер», благодаря чему открывается замечательное следствие: бесконечные вероятности, возникающие при наивном подходе к гравитации (и к ее квантованию), могут теперь сокращаться из-за компенсации вкладов частиц вкладами их суперпартнеров. Другим замечательным свойством суперсимметрии является то, что последовательность ее операций приводит к смещению частицы в пространстве-времени. Данное смещение не представляло бы собой ничего удивительного, если бы речь шла о пространственно-временных, т.е. внешних, а не внутренних симметриях. Оказывается, что такой операцией внутренней симметрии является изменение спина частицы [206]. Как ни парадоксально, последовательность применения двух операций изменения спина приводит к смещению частицы в другую точку пространства-времени.

Однако и супергравитация, по-видимому, не сможет справиться с рифами квантовой механики: во-первых, сокращение вкладов в расходимости частиц оказывается недостаточным для спасения теории в целом и, во-вторых, необходимость включения в теорию сохранения зеркальной симметрии ведет (в имеющихся на сегодняшний день вариантах) к таким аномалиям, как отрицательные вероятности [203].

Такое положение в физической науке, конечно же, вновь ставит на повестку дня особую проблему взаимосвязи динамического и статистического в физике, проблему необходимости и случайности, проблему взаимосвязи математического, физического и философского содержания понятия вероятности. Именно в этом русле написаны работы М. Каца, в которых рассматривается связь дифференциальных уравнений типа уравнений Шредингера со средними значениями от функционалов по пространству непрерывных функций [207, с.189–215], а также вообще все те работы, где раскрывается аналогия между квантовой теорией поля и статистической механикой (среди которых, в частности, работа М. Койца) и где, кстати, большую роль играет континуальное интегрирование. Естественно, что к кругу исследований по указанным проблемам относятся работы, посвященные вопросу полноты квантовой физики [208]. Однако в контексте проблемы единства физики все эти исследования представляют определенную ценность лишь в методологическом аспекте, поскольку реальное развитие этой науки пошло в

направлении использования идей Т. Калуцы о многомерности пространства. Речь идет о так называемых концепциях суперструн.

Как отмечает родоначальник этих концепций М. Грин, теории суперструн до сих пор не имеют элегантной математической формулировки. Кроме того, отсутствует понимание лежащих в их основе интуитивных геометрических принципов (как это было, например, при построении СТО), однако при всем том общая теория относительности и калибровочные теории других взаимодействий следуют из теории суперструн как приближенные теории, справедливые для расстояний больше 10^{-33} см [209].

Суперструна — это одномерный релятивистский объект, длина которого планковского порядка (т.е. 10^{-33} см), причем действие для этого объекта обладает свойством суперсимметрии (отсюда название «суперструна»). В теории суперструн возбуждения «частицы-струны» представляют собой набор точечных состояний, т.е. каждая высшая гармоника наблюдается как новая частица с массой больше масс предыдущих частиц [209]. Примечательно, что квантовая теория суперструн формулируется в десятимерном пространстве-времени Минковского, не оставляет произвола в выборе основной калибровочной группы, использует идею о нелокальности объектов-носителей фундаментальных взаимодействий. Эта теория освобождается от аномалий, свойственных теории «супергравитации», — расходимостей и отрицательных вероятностей. Однако и «суперструнный» подход к объединению фундаментальных взаимодействий далек от экспериментальной проверки.

Приводя итог всему изложенному, можно признать, что создание исследовательской программы неабелевой квантовой калибровочной теории поля характеризуется эпитетом «бесшумная революция» (как считает В.С. Березинский [206]), а не просто «революция» (как полагают М.Д. Ахунов и Л.Б. Баженов [210]). И не потому, что, как отмечал первый из перечисленных исследователей, научное сообщество не придало этому чрезвычайного значения (которое, например, в глазах физиков могло быть соотнесено с созданием специальной теории относительности). Дело, конечно же, заключается не только в субъективной пристрастности того или иного ученого и в непродолжительности истекшего времени,

чтобы с позиции исторической ретроспективы оценить важность совершенного, но и в самой сути осуществленных нововведений.

Суть же последних, при всей их радикальности, остается в рамках программы полевого геометрического синтеза физики, а потому уже не может вызвать того впечатления «революционного обновления», которое возникало при создании первых вариантов этой программы, начиная с общей теории относительности. Действительно, использование геометрии расслоенных пространств дает возможность единообразного (бессилового) описания сильных, слабых, электромагнитных и гравитационных взаимодействий — геометрической трактовки, являющейся всего лишь конкретизацией, «защитным поясом» программы. Тем не менее осуществленные шаги в рамках программы (на основе калибровочных концепций поля) представляют собой огромные достижения физической науки, поднимающие новые философско-методологические вопросы. В контексте нашего анализа выявилось, что давняя проблема соотношения физики и геометрии с момента объединения внутренней и внешней симметрии, применения расслоенных пространств в трактовке концепций калибровочных полей становится еще более острой. В эту проблему через квантование калибровочных полей вплетается вопрос о полноте теоретических представлений, о соотношении возможного и действительного в физическом описании, о статусе индивидуального события в структуре теории.

Философского осмысления, как это видно из выявленной взаимосвязи внутренней и внешней симметрии, требуют понятия количества и пространства, их соотношение. Действительно, два этих вида симметрии в физике оказалось возможным связать потому, что точку, ранее рассматриваемую как не обладающую атрибутами пространства (т.е. в качестве противоположности последнего), стали полагать как «пространственно-наполненную» — придали ей протяженность за счет количественного изменения некоторого качества, находящегося в этой точке. Но тем самым было продемонстрировано обобщение понятия пространства (обобщение, основанное на отождествлении количественного и пространственного изменения). Такое отождествление следует рассматривать как прогрессивное — вспомним, что в суперсимметрии последовательность применения двух операций изменения спина приводит к смещению частицы в другую точку пространства-времени. Примером позитивности

разработки «пространственного» подхода к проблеме единства физики может служить возникновение различных теорий суперструн, где используется идея многомерного пространства и привлекается понятие протяженного физического объекта (вместо точечного).

Таким образом, калибровочные концепция поля объективно сыграли роль объединяющего начала в физике, связали проблематику квантовой физики с проблематикой пространства и тем самым подтолкнули к новому философскому осмыслению последнего [182].

ГЛАВА 8

ДВИЖЕНИЕ И СКОРОСТЬ СВЕТА

8.1. КЛАССИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ

Изучать движение тела невозможно, не связывая его с какой-либо системой отсчета. Обычно пользуются инерциальными системами отсчета. Но систем отсчета может быть бесконечное множество. Тогда возникает вопрос (задача): по известному движению $r(t)$ материальной точки в одной системе отсчета найти ее движение $r'(t')$ в другой инерциальной системе. Для решения подобной задачи необходимо выяснить, как преобразуются пространственно-временные величины при таком переходе. Классическая теория рассматривает этот переход следующим образом.

Пусть имеются две инерциальные системы отсчета (x, y) и (x', y') — рис. 8.1. Предполагают, что в начальный момент времени $t=0$ начала координат (0 и $0'$) обеих систем совпадают. Система отсчета (x', y') движется относительно (x, y) с постоянной скоростью V вдоль оси x . Тогда координаты одной и той же точки A в этих системах отсчета связаны соотношениями

$$\begin{cases} x = x' + vt'; \\ t = t'. \end{cases} \quad (8.1)$$

Координаты y и y' , а также x и x' остаются равными друг другу. Это преобразования Галилея. Второе равенство в (8.1) выражает абсолютность времени, т.е. его независимость от выбора

инерциальной системы отсчета. Это предположение оправдывается на опыте для огромного круга физических явлений [110, с.485].

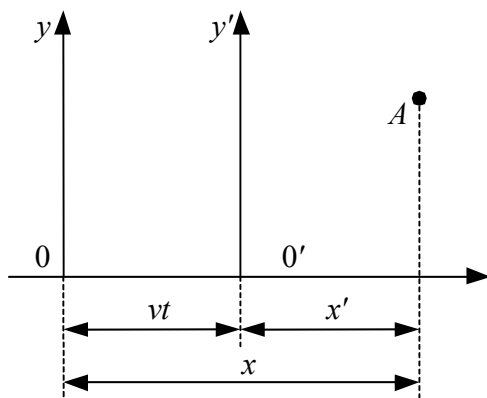


Рис. 8.1. Классические системы отсчета

Если $\Delta x = x_2 - x_1$ — расстояние между двумя точками в системе отсчета (x, y) , то из (8.1) следует, что

$$x_1 = x'_1 + vt; \quad x_2 = x'_2 + vt,$$

или

$$x_2 - x_1 = x'_2 - x'_1,$$

т.е.

$$\begin{cases} \Delta x = \Delta x'; \\ \Delta t = \Delta t'. \end{cases} \quad (8.2)$$

Следовательно, (8.2) выражает независимость длины и промежутков времени от выбора инерциальных систем отсчета. Другими словами, размеры тел и ход времени не зависят от того, что эти тела находятся в состоянии движения.

Из (8.1) имеем

$$\Delta x = \Delta x' + v\Delta t,$$

или

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta x'}{\Delta t} + v \frac{\Delta t}{\Delta t},$$

или

$$V = v' + v, \quad (8.3)$$

где v' — скорость материальной точки относительно инерциальной системы отсчета (x', y') ; v — скорость той же точки относительно системы отсчета (x, y) ; V — скорость переноса штрихованной системы относительно нештрихованной.

Таким образом, скорость есть понятие относительное: ее значение зависит от выбора системы отсчета, в частности, если в некоторой системе отсчета тело покоится, то относительно всех других оно, вообще говоря, движется с той или иной постоянной скоростью. Последнее хорошо видно из (8.3); если положить

$$v' = 0, \text{ то } v = V. \quad (8.4)$$

Применяя к левой и правой частям равенства (8.3) операцию Δ (разность двух близких значений) и имея в виду, что v есть постоянный вектор, получим

$$\Delta v = \Delta v',$$

или

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta v'}{\Delta t'}. \quad (8.5)$$

Соотношение (8.5) означает, что ускорения тел во всех инерциальных системах отсчета одинаковы.

Но если в (8.4) $v = V$, то $v' = \Delta v$ можно считать как приращение бесконечно малой величины, и тогда (8.3) перепишем как

$$V = V + \Delta v. \quad (8.6)$$

Так как речь идет о таких понятиях, как пространство и время, то на выводах классической теории следует остановиться подробнее. Прежде всего, необходимо отметить, что классическая теория развивалась и создавалась в конкретной системе пространства-времени, а именно Земля–Солнце. Время сразу предполагалось абсолютным, и в понимании более глубокого значения времени не было необходимости [30, с.64]. Поразительные успехи Ньютона еще больше и дальше отодвинули проблему осознания времени. Проблема же состояла в том, как измерять время и как оно связано с различными системами отсчета.

В рассмотренном примере классической теории результат получен только благодаря абсолютизации пространства и времени. Но в этом примере не рассматривается вопрос, как же измеряется время в штрихованной системе (x', y') , движущейся со скоростью v , и как измеряется время в точке A , имеющей координаты в обеих системах. Такая задача возникает потому, что точка A и движущаяся система существуют одновременно и, кроме того, разделены интервалом времени Δt . Относительно же друг друга они, вообще говоря, неодновременные.

Поэтому появляется необходимость в новом нетрадиционном методическом подходе к проблеме измерения времени. Но каким образом можно задать время без движения? Очевидно, тем или иным способом (образом) мы обязаны использовать и движение, и понятие скорости, которые, в свою очередь, зависят от времени. Изменение пространственных координат с течением времени называется движением [211, с.105].

Итак, возвращаясь к выбранным штрихованной и нештрихованной системам отсчета, отмечаем, что они существуют одновременно относительно какой-то другой системы отсчета времени. Чтобы увязать существование систем в пространстве-времени, необходимо сделать решительный шаг, отказавшись от классических представлений о способах измерения времени. А. Пуанкаре связывал проблему измерения скорости с проблемой измерения времени. Но и в механике Ньютона на проблему измерения времени не находится ответа. Кто же должен и как измерять время? Ответ: время измеряет отражающее мир сознание через движение в пространстве-времени, т.е. измеряет человек-наблюдатель через пройденный путь. Поэтому время всегда связано с пройденным расстоянием и другого способа измерения времени не существует. А это значит, что время надо связывать с началом и окончанием движения наблюдателя и его восприятием времени.

8.2. ПОСТОЯНСТВО СКОРОСТИ СВЕТА

Одна из характерных черт физики — количественный характер ее законов: говорим ли мы о законе Ома или законах Ньютона, законе всемирного тяготения или законе Кулона — всегда выраже-

нием закона является математическое соотношение между физическими величинами. Во многие соотношения, выражающие законы физики, входят некоторые постоянные — так называемые физические константы.

Именно вследствие своей универсальности такие константы названы мировыми или фундаментальными постоянными. Величины фундаментальных постоянных определяют важнейшие особенности всего физического мира — от элементарных частиц до крупнейших астрономических объектов.

Принадлежность скорости света к весьма небольшой группе мировых постоянных объясняет интерес к этой величине.

Со времени первого определения значения скорости света « c » прошло более трехсот лет. Постепенно константа « c » раскрывала перед учеными свои тайны. Иногда за измерениями этой величины стояли годы целенаправленных поисков, работы по усовершенствованию методов измерения и научных приборов. Иногда величина $3 \cdot 10^8$ м/с возникала в экспериментах неожиданно, ставя вопросы, касавшиеся самых глубин физической науки. Измерения « c » опровергали и подтверждали физические теории и способствовали техническому прогрессу.

Вопрос о скорости света относится к оптике, которая во времена Галилея считалась одним из важнейших разделов «натуральной философии». К началу XVII века значительное развитие получила геометрическая оптика. Закон отражения света был известен еще со времен Евклида. С помощью этого закона был решен ряд задач, связанных с отражением света от зеркал разнообразной формы. Античные ученые были знакомы и с явлением преломления света. В средние века люди начали исправлять недостатки зрения с помощью очков. В самом начале XVII века были созданы зрительные трубы, которые использовались для нужд мореплавания, водного дела и для астрономических наблюдений. Около 1620 года был открыт закон преломления света, ставший основой для расчета зрительных труб. Таким образом, разделы оптики, которые непосредственно были связаны с нуждами практики, сравнительно быстро прогрессировали.

Вопрос о скорости света допускал два подхода. С одной стороны, величина скорости света определяется его природой, и без знания этой природы трудно прийти к однозначному выводу о том, конечна или

бесконечна эта величина. С другой стороны, как следует из гипотетического опыта Галилея [212, с.11]), даже не зная истинной природы света, можно попытаться с помощью эксперимента опытным путем разрешить эту проблему.

Качественный опыт становится показательным лишь при определенных количественных соотношениях между величинами, которые характеризуют исследуемое физическое явление. Сделать необходимые оценки до опыта было еще невозможно, поскольку физики еще не имели масштаба величин, необходимого для высказывания более или менее правдоподобного предположения о величине скорости света. Именно такую парадоксальную роль сыграла теория света, предложенная выдающимся французским философом Рене Декартом (1596–1650). Время подтвердило правильность всего лишь двух фрагментов его трудов по оптике: формулировку закона преломления и объяснение радуги.

Согласно представлениям Декарта, свет — это воздействие, распространяющееся мгновенно в разреженной материи, заполняющей поры тел. Для объяснения отражения и преломления света Декарт использовал аналогию между распространением света и движением мяча после удара ракеткой [212, с.12]. Декарт был вынужден предположить, что скорость света в более плотной среде больше, чем в менее плотной. Но тогда скорость света должна быть конечной, поскольку бессмысленно говорить о сопротивлении среды при бесконечно большой скорости движения.

Декарт предложил использовать для определения скорости света данные наблюдений затмений Луны. Если скорость света конечна, то астрономы должны регистрировать запаздывания наблюдаемых затмений по отношению к расчетным моментам прохождения Земли между Солнцем и Луной. Поскольку, несмотря на многократные наблюдения таких затмений, запаздывание не было обнаружено, Декарт счел бесконечность скорости света доказанной.

Христиан Гюйгенс (1629–1695) в своем «Трактате о свете», изданном в 1690 году, писал, что если в рассуждении Декарта использовать большее значение скорости света, то видимое отсутствие эффекта будет связано лишь с его малой величиной.

С высот, достигнутых наукой нашего времени, кажется очевидным, что в XVII веке вопрос о конечности скорости света мог быть решен лишь с помощью астрономии. К тому времени именно в ас-

трономии были развиты наиболее точные методы измерений. Кроме того, лишь измерения времени, требуемого для прохождения расстояний астрономического масштаба, позволяли надеяться на получение хотя бы грубой оценки величины « c ».

Главную роль в истории первого определения скорости света сыграл Олаф Рёмер (1644–1710). Проанализировав результаты многолетних наблюдений, датский астроном в сентябре 1676 года выступил перед членами Парижской Академии наук с докладом, в котором предсказал, что затмение первого спутника Юпитера, которое должно было бы по расчетам произойти 9 ноября того же года в 5 часов 25 мин 45 с, в действительности будет наблюдаться на десять минут позже. Это запаздывание он объяснял конечностью скорости распространения света: по мнению Рёмера, свету необходимо около 22 минут, чтобы пройти расстояние, равное диаметру земной орбиты. Наблюдение ноябрьского затмения блестяще подтвердило предсказание ученого.

Перед Рёмером стояла задача получить оценку « c » по порядку величины и тем самым доказать конечность скорости света. Рёмер был осторожен. В первом сообщении о своем открытии он вообще не привел конкретного значения скорости света. Величина $c = 214\,000$ км/с, которую часто приводят как скорость света, вычисленную Рёмером, есть не что иное, как результат более поздних оценок, выполненных на основе сохранившихся наблюдений Рёмера. Нет никаких оснований сетовать на погрешность первого определения скорости света, поскольку главная цель — доказательство ее конечности — была достигнута!

В 1726 году английский ученый Баддлей дал новую оценку времени прохождения светом отрезка, равного радиусу земной орбиты. Напомним, что, по мнению Рёмера, свету для прохождения расстояния, равного радиусу земной орбиты, требуется 11 минут. Таким образом, величина « c », по данным Баддлея, должна быть примерно в 1,4 раза больше, чем это следует из результатов Рёмера. Однако следует обратить внимание на осторожность обоих ученых: ни один из них не привел абсолютной величины скорости. Это сделано не случайно. Для получения абсолютной величины « c » требуется знание среднего радиуса орбиты Земли. Эта величина во времена Рёмера и Баддлея была определена недостаточно точно, поэтому численное значение « c » могло быть найдено со

значительно большей погрешностью, чем время распространения света от Солнца до Земли. После обнаружения абберации света в конечности скорости света уже никто не сомневался. Кроме того, определение скорости света по Брадлею уже не назовешь оценкой: 2%-ая точность — вполне удовлетворительная для XVIII века.

Итак, открытием Брадлея завершился первый этап измерений скорости света. Было достоверно установлено, что скорость света конечна [212, с.36-41]. Ее величину определили, пользуясь данными Брадлея о времени движения света от Солнца до Земли и результатами расчета радиуса земной орбиты по наблюдениям годичного параллакса Солнца: $c = 284\,000$ км/с. Близость результатов Рёмера и Брадлея позволила последнему сделать вывод о том, что при отражении от спутников Юпитера свет существенно не изменяет своей скорости. Кроме того, с современной точки зрения кажется очень удачным, что первые измерения величины « c » пришли из астрономии — это дало возможность определить скорость света в вакууме, т.е. действительно «мировую» постоянную.

8.3. КОРПУСКУЛЯРНАЯ И ВОЛНОВАЯ ТЕОРИИ

Во второй половине XVII века менее чем за пятнадцать лет были сделаны открытия, заложившие основы физической оптики:

- ◆ 1665 г. — выходит в свет книга Франческа Гримальди с описанием опытов по дифракции света; публикуется книга Роберта Гука, в которой описаны цвета тонких пленок — одно из проявлений интерференции света;
- ◆ 1669 г. — Эразм Бартолин сообщает о наблюдении двойного лучепреломления в исландском шпате;
- ◆ 1672 г. — появляется мемуары Исаака Ньютона с описанием его опытов, доказывающих объективный характер цвета;
- ◆ 1676 г. — Олаф Рёмер доказывает конечность скорости света;
- ◆ 1677 г. — Христиан Гюйгенс проводит опыты по поляризации света.

XVII век был ознаменован не только экспериментальными открытиями. Появились две теории света, в основе которых лежали различные представления о его природе.

Сторонники одной — корпускулярной — теории считали свет частицами особого рода.

Вторая — волновая — теория основывалась на предположении, что свет — это движение некой тонкой материи — эфира. Создание корпускулярной теории связывают обычно с именем И. Ньютона. Наибольший вклад в развитие волновых представлений внесли Гук и Гюйгенс.

Не следует думать, что волновая теория окончательно сформировалась в то время: Гук и Гюйгенс не могли объяснить ряд оптических явлений, и, кроме того, их представления существенно отличались от современных. Например, Гюйгенс сформулировал принцип: любая точка, до которой дошло световое возмущение, становится источником вторичных волн [212, с.44]. По мнению Гюйгенса, в возмущениях, распространяющихся в эфире, отсутствует какая-либо периодичность. В его теории рассматривается распространение не волн, а импульсов. На основе таких представлений невозможно объяснить явления дифракции и интерференции, обусловленные именно периодичностью волн.

Нельзя сказать, что в конце XVII века были приведены решающие доказательства в пользу одной из теорий света. По ряду причин, не последняя из которых — авторитет Ньютона, в XVIII веке большей популярностью пользовалась упрощенная (по сравнению с ньютоновской) корпускулярная теория. Лишь немногие были сторонниками теории Гука–Гюйгенса и среди них — Эйлер, Франклин, Ломоносов. Этот век, «век разума», как его иногда называют, кроме открытия аберрации света, не обогатил оптику качественно новыми представлениями. Однако волновая теория постепенно завоевывала признание физиков. Сложная, с математической точки зрения, корпускулярная теория известных французских ученых Ж.Б. Био и С.Д. Пуассона выглядела очень искусственно в сравнении с теорией Френеля. Тем не менее для окончательной победы волновых представлений необходимо было провести такой опыт, результаты которого могли быть объяснены только на их основе.

8.3.1. Определение скорости света в земных условиях

Проблема «земного» определения скорости света стала вехой в жизни сразу двух ученых: Ипполита Физо и Леона Фуко.

Физо и Фуко совместно провели ряд опытов, подтвердивших волновую природу света. В историю науки вошли их эксперименты по наблюдению интерференции света при больших разностях хода двух лучей: в 1846 году им удалось наблюдать интерференцию при разности хода в 7000 длин волн. Важную роль в успехе этих опытов сыграло применение монохроматического света. Интересно отметить, что схема получения монохроматического излучения, применявшаяся Физо и Фуко, почти в точности совпадает со схемой, которую несколько лет спустя использовали Г. Кирхгоф и Р. Бунзен при открытии спектрального анализа. Физо и Фуко также наблюдали интерференцию инфракрасного излучения. Физо решил сначала измерить абсолютную величину скорости света в воздухе и лишь затем поставить решающий эксперимент. Фуко сразу занялся постановкой эксперимента.

Первым успеха добился Физо. Принципиально схема опыта Физо напоминает схему гипотетического опыта Галилея с тем отличием, что второй наблюдатель заменен неподвижным зеркалом [213, с.143]. В результате эксперимента он получил значение $c = 3,14 \cdot 10^8$ м/с, т.е. величину, хотя и больше полученной из астрономических наблюдений, но близкую к ней. Несмотря на значительную погрешность измерений, опыт Физо имел огромное значение — возможность определения скорости света «земными» средствами была доказана.

Первые опыты Фуко были чисто качественными, однако на его установке после необходимых изменений можно было производить и абсолютные измерения скорости света, причем более точные, чем по методу Физо [213, с.145]. Значение скорости света, полученное Фуко, оказалось гораздо ближе к принятому в наши дни, чем результат Физо. Фуко получил значение $c = 298\,000 \pm 500$ км/с.

В 1856 году экспериментаторы столкнулись с величиной, имевшей размерность скорости, численное значение которой находилось в удивительной близости к значению « c ».

Размышления над обнаруженным явлением привели Фарадея к мысли о возможности существования электромагнитных волн и их связи со световыми волнами.

К началу работы Максвелла над проблемами электромагнетизма физикам был известен экспериментальный факт, который, казалось

бы, должен был привлечь всеобщее внимание к проблеме связи электрических и оптических явлений. Оказалось, что если выразить величину одного и того же заряда с помощью двух разных систем единиц, а затем найти отношение полученных значений, то это отношение, называемое электродинамической постоянной, будет иметь размерность скорости, а его величина оказывается близкой к скорости света [212, с.72].

Для распространения идей Фарадея необходимо было перевести их на язык математики. Эта задача была решена Джеймсом Клерком Максвеллом. Работа Максвелла, в которой впервые в достаточно полной форме была изложена его теория, называлась «Динамическая теория электромагнитного поля». Она была опубликована в 1864 году. Для истории наибольший интерес представляет часть VI этой работы: «Электромагнитная теория света». В ней, исходя из основных уравнений теории, Максвелл получил уравнение для электромагнитной волны и нашел выражение для скорости.

Согласно электромагнитным опытам Вебера и Кольрауша, $V = 310\,740\,000$ м/с является количеством электростатических единиц в одной электромагнитной единице электричества, и это, согласно результату, должно быть равно скорости света в воздухе или вакууме. Скорость света в воздухе, по опытам Физо, $V = 314\,858\,000$, согласно более точным опытам Фуко, $V = 298\,000\,000$. Скорость света в пространстве, окружающем Землю, выведенная из коэффициента абберрации и из величины радиуса земной орбиты, $V = 308\,000\,000$. Совпадение результатов показывает, что свет и магнетизм являются проявлениями свойств одной и той же субстанции и что свет является электромагнитным возмущением, распространяющимся через поле в соответствии с законами электромагнетизма.

8.4. СКОРОСТЬ СВЕТА И ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ

Проблема оптики, которую пытались разрешить физики, состояла в следующем. Можно ли каким-либо образом зафиксировать движение наблюдателя относительно эфира, если измерения проводятся в среде с коэффициентом преломления, близким к единице.

Этот вопрос непосредственно касается принципа относительности. Еще в XVII веке было сформулировано утверждение (принцип относительности Галилея) о том, что все механические процессы происходят одинаково во всех инерциальных системах отсчета, движущихся друг относительно друга равномерно и прямолинейно. Математическим выражением этого утверждения является инвариантность уравнений ньютоновской механики по отношению к преобразованиям Галилея, связывающим пространственные и временные координаты в двух инерциальных системах отсчета.

Кроме того, из них, например, следовало, что скорость распространения электромагнитных волн в вакууме (т.е. скорость света) не зависит от движения источника и наблюдателя. Поэтому для экспериментального решения проблемы требуется зафиксировать время движения света. Скорость движения Земли по орбите составляет около 30 км/с. Таким образом, относительная точность «земных» опытов для обнаружения движения Земли по отношению к неподвижному эфиру должна намного превосходить относительную точность соответствующих астрономических измерений.

Эйнштейн отказался от рассмотрения эфира как физического объекта. В основу теории он положил два постулата. Первый, именуемый принципом относительности, в современной формулировке звучит так: «Все физические явления в инерциальных системах отсчета при одинаковых начальных условиях протекают одинаково».

Второй постулат Эйнштейна звучит так: «Скорость света в пустоте во всех инерциальных системах отсчета одинакова, причем одинакова по всем направлениям и не зависит ни от скорости источника, ни от скорости наблюдателя».

Из анализа пространственно-временных соотношений между событиями, регистрируемыми в разных системах отсчета, Эйнштейн сделал вывод о необходимости заменить классическое правило сложения скоростей новым правилом: если одна инерциальная система (K') движется относительно другой (K) со скоростью u , то сигнал, распространяющийся в системе K со скоростью v вдоль направления относительного движения двух систем, с точки зрения наблюдателя, неподвижного в системе K' , будет двигаться со скоростью $u' = (u + v) / (1 + uv/c^2)$ [212, с.142].

Анализируя этот закон, Эйнштейн обратил внимание на то, что ни в одной инерциальной системе отсчета невозможно распространение сигнала со скоростью, большей скорости света в пустоте. Это не значит, однако, что в рамках СТО (специальная теория относительности) невозможны скорости, превосходящие « c ». СТО запрещает не любое движение со сверхсветовой скоростью, а лишь передачу сигнала со скоростью, большей « c ». И все же надо сказать, что вопрос о том, является ли скорость света в пустоте предельной скоростью распространения сигналов, окончательно решить, по-видимому, нельзя.

Последние годы на страницах научных журналов идет обсуждение проблемы, касающейся существования частиц, движущихся со сверхсветовыми скоростями. Наибольшей известностью пользуются гипотетические частицы с мнимой массой, которым американский физик Дж. Фейнберг дал название «тахионы». Прделана большая теоретическая работа по анализу следствий «тахионной гипотезы». Сделаны попытки объяснить результаты ряда экспериментов существованием «сверхсветовых» частиц. Однако приходится констатировать, что на сегодняшний день реальность этих объектов не доказана. С другой стороны, никто пока не опроверг идею о «тахионах».

Теория электромагнитного поля, созданная Максвеллом, не только разрешила ряд проблем, но и поставила перед физиками новые задачи. Для истории скорости света принципиальным был вопрос: существуют ли в действительности предсказанные Максвеллом электромагнитные волны?

Исследованием этого вопроса занялся немецкий ученый Генрих Герц. Герц начал с изучения явления электромагнитной индукции, возникающей при разряде лейденской банки (конденсатора). Герца первоначально интересовало индукционное действие разряда, возникающего в одном контуре, на процессы, происходящие в другом контуре. Однако взаимное влияние контуров при расстоянии между ними 1,5 м с трудом согласовывалось с теорией дальнего действия. В то же время обнаружение передачи электрических возмущений без использования проводников еще нельзя было считать доказательством существования электромагнитных волн.

В своей работе Герц попытался определить скорость распространения обнаруженных им волн (волн Герца). В итоге Герц определил длину волны. Однако в вычислении емкости вибратора-

источника Герц допустил ошибку, которую он позже назвал «роковой», — вычисленная им емкость в два раза превосходила действительную. Это привело к значению скорости волн $c = 200\,000$ км/с, что в 1,5 раза меньше истинной скорости.

Впервые на ошибку Герца обратил внимание в 1891 году Д. Пуанкаре. Учет замечания Пуанкаре приводит к значению « c », близкому к скорости света в вакууме, что и предсказывала теория Максвелла.

Важнейшим итогом работы Герца явилось доказательство тождественности свойств электромагнитных волн и света. Различия между этими волнами проявлялись лишь в способах генерации и регистрации, которые определялись величиной соответствующих длин волн. Задача, вставшая перед физиками после опытов Герца, состояла в «смыкании» электромагнитных волн, получаемых в опытах с вибраторами, с длинноволновым инфракрасным излучением нагретых тел. Для решения этой задачи понадобилось около сорока лет.

Заслуга «соединения» границ волн Герца и инфракрасных волн принадлежит советскому физика А.А. Глаголевой-Аркадьевой (1884–1945). С помощью специального источника — «массового излучателя» — ей удалось получить волны, длины которых лежат в диапазоне от 82 мкм до десятков миллиметров (1922 г.).

Уже после опытов Герца были сделаны открытия, расширившие спектр электромагнитных волн. В 1895 году немецкий физик В.К. Рентген (1845–1923) открыл новый вид излучения, названный впоследствии его именем. В 1900 году французский ученый П. Вияр при исследовании радиоактивности обнаружил еще более коротковолновое излучение — так называемые γ -лучи. Оказалось, что видимый свет — это лишь очень малая часть электромагнитного спектра. Согласно теории, волны любой частоты должны обладать в вакууме одной и той же скоростью.

8.5. СКОРОСТЬ СВЕТА НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Рубеж XIX–XX веков ознаменовался не только множеством интересных экспериментальных открытий. В первом десятилетии XX века была выдвинута новая гипотеза о природе света — идея о квантах света (фотонах). Согласно этой теории, свет представляет собой поток частиц — фотонов, движущихся со скоростью света и

обладающих энергией $h\nu$ (h — универсальная постоянная Планка, ν — частота света). Оказалось, что квантовые свойства света проявляются тем сильнее, чем больше частота фотона. Опыты с рентгеновскими и γ -лучами дали важнейшие свидетельства в пользу квантовой теории излучения. Итогом развития взглядов на природу света и электромагнитное излучение в целом стало представление об излучении как сложном объекте, обладающем как волновыми, так и квантовыми свойствами.

Современная физика решительно утверждает: нет, история скорости света не закончена! Свидетельством тому служат работы по измерению скорости света, выполненные в последние годы.

В СВЧ-диапазоне волн удалось провести очень точные, независимые измерения частоты излучения и длины его волны. Это позволило определить скорость распространения СВЧ-излучения, просто умножив h на ν : $c = h\nu$ [212, с.162]. Был получен результат $c = 299\,792,50 \pm 0,1$ км/с [212, с.163].

Процесс измерения всегда прямо или косвенно сводится к сравнению неизвестной величины с эталоном. Чтобы повысить точность определения « c », необходимы новые методы, которые позволяют проводить измерения в области больших частот и меньших длин волн. Такую возможность представляют оптические квантовые генераторы — лазеры [214], [215, с.473].

В наши дни в качестве эталона длины используют метр, определяемый как длина, на которой укладывается фиксированное число волн излучения изотопа криптона ^{86}Kr . Для конструирования эталона времени используются световые колебания, создаваемые атомами изотопа цезия ^{133}Cs . Таким образом, определение « c » сводится к сравнению длин волн излучения лазера и атомов ^{86}Kr и частот излучения того же лазера и атомов ^{133}Cs . Наибольшую сложность представляет измерение частоты лазерного излучения.

Таким образом, достигнутая в настоящее время точность определения « c » составляет $3 \cdot 10^9$. Теперь точность определения « c » ограничивается уже не методами измерения частоты и длины волны, а неопределенностью стандарта длины — длины волны излучения атомов ^{86}Kr .

Такое положение заставляет по новому подойти к выбору основных единиц измерения — единиц длины и времени. Если стандарт длины не удастся определить с достаточной точностью, то, может быть, от него лучше отказаться совсем? В качестве стандартов можно выбрать, например, определенную частоту и скорость света, а длину определять с помощью вычислений. Если такое предложение будет принято, то на этом «кончится» история скорости света. Но произойдет ли это когда-нибудь?

Физики продолжают исследовать вопрос о постоянстве скорости света во времени. Пока указаний на изменение « c » с течением времени нет.

Вспомним второй постулат СТО: «Скорость света в пустоте во всех инерциальных системах отсчета одинакова, причем одинакова по всем направлениям и не зависит ни от скорости источника, ни от скорости наблюдателя» [212, с.170].

Попытаемся теперь разобраться, как следует понимать условие применимости второго постулата. Например, что означает выражение «скорость света в пустоте»? Вопрос, казалось бы, надуманный — уберем из некоторой области пространства молекулы, атомы, частицы и получим пустоту. Однако чтобы получить пустоту в эйнштейновском смысле этого слова, недостаточно очистить часть пространства от атомов, молекул и частиц, необходимо избавиться и от гравитационного поля. Но ведь «экрана» от гравитационного поля не существует. Какой же смысл имеет второй постулат, если условие его применимости невозможно реализовать? Более того, можно ли говорить о справедливости СТО? Существует ли теория, в рамках которой достаточно строго рассматривается распространение света в гравитационных полях? Такая теория существует. Она называется общей теорией относительности Эйнштейна (ОТО). Ограничимся лишь формулировкой общего вывода, касающегося распространения света в гравитационных полях, данной самим создателем ОТО — Эйнштейном: «...в гравитационных полях световые лучи распространяются, вообще говоря, по криволинейному пути». Этот вывод важен в двух отношениях.

Во-первых, его можно проверить экспериментально. Во-вторых, этот вывод показывает, что закон постоянства скорости света в пустоте, представляющий собой одну из двух основных предпосылок специальной теории относительности, не может, согласно об-

щей теории относительности, претендовать на неограниченную применимость. Изменение направления световых лучей может появиться лишь в том случае, если скорость распространения света меняется в зависимости от места.

Между тем ни один реальный физический эксперимент не может доказать с абсолютной точностью равенство нулю какой-либо величины, в том числе и массы фотона. Физикам приходится ограничиваться утверждением типа: «Из опытов следует, что масса покоя фотона m_ϕ составляет не более 10^{-n} массы покоя электрона m_e ». Если когда-нибудь физики получают экспериментальные результаты, свидетельствующие, что $m_\phi \neq 0$, им придется пересматривать многие выводы общепринятых сегодня теорий. Вопрос о массе покоя настолько принципиален, что ученые стремятся как можно дальше отодвинуть верхнюю границу возможной величины m_ϕ (увеличить n).

С точки зрения квантовой электродинамики наличие у фотона конечной массы приводило бы к тому, что скорость в вакууме не была бы универсальной постоянной, а зависела бы от энергии фотона.

Однако проведенные до настоящего времени эксперименты не обнаружили заметной дисперсии электромагнитного излучения.

Это позволяет сделать оценку верхней границы массы покоя фотона. Из измерений группы Л.И. Мандельштама и Н.Д. Папалекси, показавших, что различие скоростей радиоволн с $\lambda = 300$ м и видимого света не превышает $5 \cdot 10^{-4}$, следует, что $m_\phi = 6,7 \cdot 10^{-43}$ г [212, с.174].

В настоящее время физики продолжают исследовать скорость света. Пока указаний на изменение « c » с течением времени нет, но физика не может безоговорочно отбросить такую возможность. Эти измерения могут дать еще много нового для познания природы, неисчерпаемой в своем разнообразии. К тому же остается еще много вопросов, связанных со скоростью света: почему, например, скорость света равна именно $3 \cdot 10^5$ км/с.

Сокращения Лоренца, связанные с постоянством « c », использованные Эйнштейном в СТО, нашли применение в космофизике и микромире. В практической инженерной деятельности эти сокращения встречаются редко, и теоретики к их применению относятся осторожно. На наш взгляд, использование таких сокращений мож-

но было бы применить при исследовании особенностей течения металла в бегущем электромагнитном поле и других вопросах магнитной гидродинамики. В частности, при исследовании течения металла в МГД-формах, лотках, МГД-контурах и т.д. Теория исходит из того, что контуры наводимых в металле токов имеют форму прямоугольников на расстоянии полюсного шага (рис. 8.2).

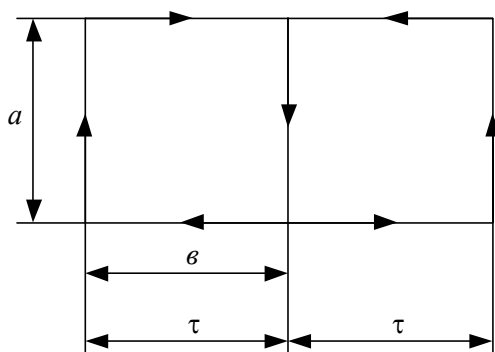


Рис. 8.2. Схема контура наводимого тока с полюсным шагом τ

В силу того что токи наводятся только на участке « a », перпендикулярному вектору магнитной индукции, невозможно замыкание токов на участке « b ». Кроме того, направление токов меняется через полюсный шаг установки. Поэтому принятая теоретическая схема имеет внутреннюю несогласованность. Так как скорость электрического тока в контуре постоянная, то казалось, что выбором системы отсчета можно свести замыкание электрического тока в контуре к эллипсу за счет сокращения Лоренца, тем самым объяснив особенности течения металла в МГД-форме. Смысл особенностей в том, что жидкий металл на расстоянии полюсного шага меняет направление потока, что приводит к разрыву потока и образованию раковин. Возможна экспериментальная проверка этих явлений по изменению действующей электромагнитной силы. Эти исследования изложены в работах [216, 217, 218, 219, 220, 221].

Почему же существует постоянная скорость. Несмотря на то что « c » как коэффициент входит в большинство уравнений физико-математической теории, до сих пор никто не сделал попытки объяснить эту константу.

На наш взгляд, значение этой константы полностью определяется современным представлением о пространстве-времени. Опять возникает вопрос, а что такое время?

Различные формулировки времени приведены в словарях [222, 223, 224, 225, 226]. Философские проблемы времени изложены в работах А.М. Мостепаненко, М.Э. Омеляновского, Г. Рейхенбаха, Ю.Б. Молчанова, Я.Ф. Аскина, А. Грюнбаума, М.Д. Ахундова, тем не менее это не приближает нас к объяснению постоянства скорости света.

Вернемся в прошлое. Как одну из основных линий в развитии механики XVII–XVIII веков следует отметить переход от картезианского релятивизма к релятивизму динамическому. Картезианский релятивизм вытекает из учения Декарта о пространстве и времени. Декарт, рассматривая протяженность как атрибут телесной субстанции, относит время к модусу мышления. Если протяженность составляет, по Декарту, природу субстанции, то время, которое он отличает от длительности, есть лишь способ, каким мыслится эта длительность. Эта концепция Декарта не стала определяющей в развитии физики в целом и в учении о пространстве и времени в частности [227, с.498].

Для картезианского релятивизма характерно учение об относительности движения, связанное с отрицанием пустого пространства, и сведение сил к кинетическому воздействию среды; для динамического же релятивизма характерно учение об инвариантности законов динамики при переходе от покоя к равномерному прямолинейному движению. Если в картезианском релятивизме относительность мыслится как для прямолинейного, так и криволинейного движения, то в релятивизме динамическом устремления направлены в сторону четкого ограничения поставленной задачи прямолинейным движением [213, с.164].

На протяжении двух веков «Математические начала натуральной философии» Ньютона являлись незыблемым основанием механики и физики. В «Началах» Ньютон, вслед за определениями количества материи, количества движения, инерции, приложенной силы, центростремительной силы, основанными на определенных физических допущениях, переходит к «поучению», в котором даны определения понятий времени, пространства, места и движения.

Об этих понятиях Ньютон пишет: «Однако необходимо заметить, что эти понятия обыкновенно относятся к тому, что постига-

ется нашими чувствами. Отсюда происходят некоторые неправильные суждения, для устранения которых необходимо приведенные выше понятия разделить на абсолютные и относительные, истинные и кажущиеся, математические и обыденные» [228, с.30]. Затем Ньютон переходит к четырем определениям: «I. Абсолютное, истинное, математическое время само по себе и по самой своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно и иначе называется длительностью. 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... II. Абсолютное пространство по самой своей сущности безотносительно к чему бы то ни было внешнему остается всегда одинаковым и неподвижным. Относительность есть его мера или какая-либо ограниченная подвижная часть, которая определяется нашими чувствами по положению его относительно некоторых тел и которая в обыденной жизни принимается за пространство неподвижное... III. Место есть часть пространства, занимаемая телом, и по отношению к пространству бывает или абсолютным, или относительным... IV. Абсолютное движение есть перемещение тела из одного его места в другое, относительное — из относительного в относительное же» [228, с.30–31].

Таким образом, физику можно определить как «элиминацию» явлений из реального времени (по Архимеду). Рассматривая объекты, не зависящие от времени, — статические или такие, которые повторяются при воспроизведении начальных условий, — ученые могут делать свои «предсказания», принципиально отличные от предвидения. Первые совершаются в идеально математическом времени, а вторые — в реальном физическом времени.

И. Ньютон включил в идеальную математику «абсолютное» время, очистив его от такого неотъемлемого свойства реальной жизни, как необратимость. После этого стала возможной классическая механика, в которой координаты идеальных тел в «абсолютном» пространстве сопоставляются с показаниями часов, отсчитывающих «абсолютное» время, не зависящее ни от объектов, ни от процессов реального мира.

С критикой ньютоновских представлений выступил Дж. Толанд. Толанд высказал положение о том, что движение — существенное свойство материи. Пространство и время связаны с движением. В «Письмах к Серене» Толанд утверждает, что движение — основной способ бытия материи. Он выступает против признания за материей лишь протяженности, а также против понимания пустоты как абстракции протяженности.

Толанд критикует ньютоновское учение об абсолютном пространстве как о вместилище вещей. Он пишет: «Я вполне сознаю, что вступаю в противоречие с общепринятым представлением и что, в частности, в вопросе о пространстве я как будто имею против себя мнение величайшего человека, величие которого не умалится и в том случае, если это его мнение окажется ошибочным, ибо его несравненные открытия все равно останутся непоколебимыми. Что до меня, то я не могу поверить в абсолютное пространство, отличное от материи и включающее ее в себя, как не могу поверить и тому, что есть абсолютное время, отличное от вещей, о длительности которых идет речь. А между тем принято думать, что г. Ньютон не только утверждает существование того и другого, но и сравнивает их друг с другом» [229, с.165].

Лейбниц трактует пространство как субстанцию, а время — как величину движения. В вопросе о пространстве он не отклоняется от Декарта, а в вопросе о времени — от Аристотеля. В дальнейшем Лейбниц приходит к взгляду на пространство как на порядок положения, а время определяется как порядок по отношению к последовательным положениям.

В 1748 году Эйлер приводит в мемуарах «Размышления о пространстве и времени» доказательство того, что понятия абсолютного пространства и времени нужны для обоснования законов инерции.

Существенный вклад в учение о пространстве и времени внес Н.И. Лобачевский, раскрывший глубокие связи геометрических представлений с материальными процессами. «В природе, — писал Лобачевский, — мы познаем собственно только движение, без которого чувственные впечатления невозможны. Итак, все прочие понятия, например геометрические, произведены нашим умом искусственно, будучи взяты в свойствах движения; а потому пространство само собой, отдельно, для нас не существует» [230, с.158–159]. И далее: «Но в том, однако ж, нельзя сомневаться, что

силы всё производят одни: движение, скорость, время, массу, даже расстояния и углы» [230, с.159]. Здесь под «силами» подразумевается по существу движущаяся материя [213, с.178].

В результате развития представлений о поле стал возможным отказ от понятия абсолютного пространства.

Под влиянием идеи Фарадея–Максвелла, пишет Эйнштейн, понятие поля развилось до такой степени, что «вся физическая реальность, вероятно, может быть представлена как поле, компоненты которого зависят от четырех пространственно-временных параметров, если законы этого поля в общем ковариантны, т.е. не зависят от специального выбора координатной системы, то введение независимого (абсолютного) пространства уже не является необходимым. То, что образует пространственный характер реальности, представляет собой в этом случае просто четырехмерность поля. Поэтому не существует «пустого» пространства, т.е. нет пространства без поля» [231, с.126].

Связь пространства и времени как коренных форм существования материи, глубоко и органически связанных друг с другом, оказалась точнее отраженной в специальной теории относительности, чем в классической механике; в еще большей мере эта связь нашла свое выражение в основных положениях общей теории относительности.

В классической физике событиям приписывали время независимо от системы отсчета, с которой они связаны. В теории относительности пространство и время соединяются в пространство-время, но пространственно-временное единство отнюдь не приводит к отождествлению пространства и времени. «Неразделимость четырехмерного континуума событий совсем не означает эквивалентности пространственных координат временной координате. Наоборот, мы должны помнить, что временная координата определена физически совершенно иначе, чем пространственные координаты» [232, с.31].

Наряду с этим в теории относительности сама геометрия получает более глубокую физическую интерпретацию. Хотя Ньютон и писал, что геометрия базируется на механической практике и есть часть общей механики, геометрия у Ньютона всегда полностью совпадала с геометрией Евклида. Лишь у Лобачевского опыт может свидетельствовать об истинности различных геометрий. Уже специальная теория относительности своим законом сложения скоростей продолжила в этом смысле основные идеи Лобачевского [233].

Рассматривая основной геометрический вопрос об объективности пространства и времени, Энгельс дал глубокий анализ проблемы. Он писал: «Понятия числа и фигуры взяты не откуда-нибудь, а только из действительного мира... Как понятие числа, так и понятие фигуры позаимствованы исключительно из внешнего мира, они возникли в голове из чистого мышления. Должны были существовать вещи, имеющие определенную форму, и эти формы должны были подвергаться сравнению, прежде чем можно было дойти до понятия фигуры. Чистая математика имеет своим объектом пространственные формы и количественные отношения действительного мира, стало быть — весьма реальный материал. Тот факт, что этот материал принимает чрезвычайно абстрактную форму, может лишь слабо затушевать его происхождения из внешнего мира» [234, с.33].

Одновременно Энгельс критикует и эмпиризм в учении о пространстве и времени за игнорирование им роли и значения абстракции. «Это старая история, — пишет Энгельс. — Сперва создают абстракции, отвлекая их от чувственных вещей, а затем желают познать их чувственно, желают видеть время и обнять пространство. Эмпирик до того втягивается в привычное ему эмпирическое познание, что воображает себя все еще находящимся в области чувственного познания даже тогда, когда он оперирует абстракциями. Мы знаем, что такое час, метр, но не знаем, что такое время и пространство! Как будто время есть что-то иное, нежели совокупность часов, а пространство — что-то иное, нежели совокупность кубических метров! Разумеется, обе эти формы существования материи без материи суть ничто, пустые представления, абстракции, существующие только в нашей голове» [235, с.187].

Почему же в природе существует постоянная скорость? Развитие взглядов на пространство и время известно (Аристотель, Декарт, Ньютон, Гюйгенс, Эйнштейн).

Абсолютное время Ньютона стали измерять часами, отсчитывающих время, не зависящее ни от объектов, ни от процессов реального мира. На самом же деле реальное время реального мира наблюдателя или исследователя — это время, определяемое вращением Земли вокруг собственной оси и вокруг Солнца. В силу того что время задается через движение, то оно, по Декарту, — «модус мышления». Этот модус реализуется следующим образом. Исследуется движение самого наблюдателя из точки *A* в точку *B*.

Естественно, что точку A надо условно закрепить, т.е. принять за начало отсчета (рис. 8.3).

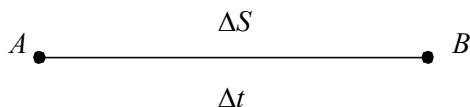


Рис. 8.3. Путь и время наблюдателя

Тогда на прохождение наблюдателем расстояния $AB = \Delta S$ потребуется время $\Delta t = AB$, следовательно, $\Delta S = \Delta t = 1$, отсюда скорость $V = \Delta S / \Delta t = 1$ — const. Только это определяет постоянство скорости в выбранной системе отсчета.

Если $\Delta S = AB$ — протяженность, атрибут телесной субстанции, то этот же атрибут является мерой модуса мышления, поскольку ничего другого для измерения времени у наблюдателя нет, и время, по Лобачевскому, всего лишь «чувственные впечатления от движения».

Скорость — « V » — это производная от системы отсчета пространство-время. Исходя из этого, мы должны объяснить окружающий нас мир, его единство и многообразие, изменив при этом наши представления о пространстве и времени, заменив их, развивая другие парадигмы и приведя физико-математический формализм к другому виду. Не надо забывать, что любые формы и виды математических выражений представляют собой, в сущности, отношения и относительность бесконечного многообразия отношений реального мира.

ГЛАВА 9

НЕКЛАССИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРОСТРАНСТВЕ-ВРЕМЕНИ ДВИЖУЩЕГОСЯ НАБЛЮДАТЕЛЯ

9.1. ДВИЖЕНИЕ В КОНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

Качественную оценку предлагаемой гипотезы рассмотрим в следующем порядке.

Пусть наблюдатель движется из точки O системы (x, y) в точку A в начальный момент времени $t = 0$.

Начала координат (O и H) начальной системы и наблюдателя совпадают. Система отсчета наблюдателя (x_H, y_H) движется относительно систем отсчета (x, y) и (x', y') с постоянной скоростью v вдоль оси x . Через интервал времени $\Delta t = \Delta S = OA$ наблюдатель должен оказаться по времени в точке A , так как время в системах (x, y) и (x', y') течет одинаково. Это значит, что система отсчета, связанная с наблюдателем, должна повернуться относительно оси xx' на угол α .

При перемещении наблюдателя из точки O в точку A пройден путь $\Delta S = OA$ и затрачено время Δt . В силу того что у наблюдателя время и методы его измерения не определены, то, с точки зрения самого наблюдателя, при достижении точки A он затратит время $\Delta t = \Delta S$. Следовательно, наблюдатель может измерять время только пройденным путем. Тогда окружность радиуса $R = OA = \Delta S = \Delta t$ представляет фронт волны времени точки O . Равенство фронтов вре-

мени точек «0» и «A», показывает, что точки «0» и «A» «постаре- ли» одинаково, с точки зрения наблюдателя. Все другие точки, нахо- дящиеся на соответствующих фронтах времени, будут одновремен- ны для точек «0» и «A». В таком представлении время выступает не как объективная реальность или субстанция, а как продукт созна- ния наблюдателя. И связь с пространством выглядит неразрывной и естественной, открывая перспективы для неформального единства.

Если точки «0» и «A» «постарели» одинаково, то, исходя из начального движения, этому примеру должен последовать и на- блюдатель.

Поэтому наблюдатель по времени и «старости» должен оказа- ться на фронтах волн точек «0» и «A». Очевидно, это точки пересе- чения фронтов волн «B» и «B'». Фронт волны времени наблюда- теля характеризуется окружностью радиуса $R = OB = BA$, а точки «0» и «A» находятся на этом фронте, и они одновременны для точек «B» и «B'». Парадокс в том, что наблюдатель не может по- пасть в пространственную точку «A» — цель своего движения. Чтобы устранить этот парадокс, достаточно предположить, что на- блюдатель должен совершать дополнительное круговое движение по окружности радиуса $R = OA$, а система отсчета времени должна представлять собой комплекс вращающихся систем.

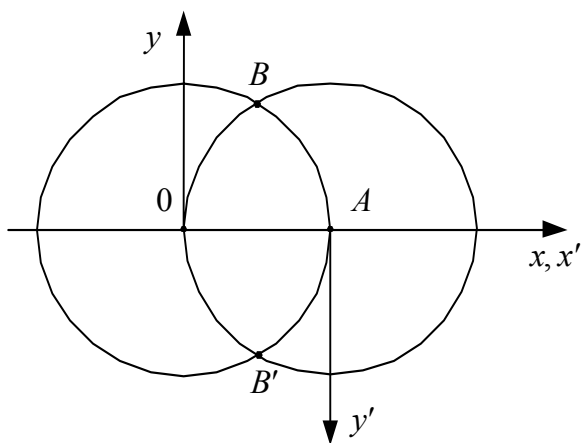


Рис. 9.1. Комплекс вращающихся систем отсчета

Исходя из восприятия наблюдателя, парадигма времени получает дополнительное развитие.

«Осознать время, силой разума и воображения создать образ и понятие времени, дать, наконец, ему имя — это был один из важнейших шагов в первоначальной истории изучения и освоения человечеством природы и мира. С этого начался длительный путь размышлений и споров, догадок и гипотез о том, что такое время, в чем его физическая сущность» [111, с.17].

Считается, что апории (загадка, безвыходность) Зенона — остроумный анализ времени и движения. Он утверждал, что движения в мире нет. Поэтому вопрос о движении времени и его формах решался сам собой. Вот апория «Стрела» в пересказе Аристотеля.

«Как мы представляем себе полет стрелы? Ее движение — это изменение положения в пространстве. Летящая стрела в разное время находится в разных местах. Но мы ведь с вами живем мгновениями. Ну а коли так, значит, в любое определенное мгновение стрела находится в определенном, единственном положении. Она находится в данном месте точно так, как если бы она покоилась здесь всегда. А значит, — полагал Зенон, — ее никоим образом нельзя отличить от другой стрелы, которая действительно покоится в данном месте. А коль нельзя отличить движущуюся стрелу от покоящейся, значит, никакого движения и не существует...» [23].

Это умозаключение вызвало большие толки в научном мире. Благодаря им имя Зенона не оказалось затерянным в веках.

Даже современные ученые так и не могут однозначно определить свое отношение как к самому Зенону, так и к его апориям. Одни считают, что знаменитая апория оказала громадное влияние на развитие науки. Другие же полагают, что это — очень старая и... глупая проблема.

Зенона нужно поблагодарить уже за то, что он заставил ученых пристальнее всматриваться в окружающий мир, поставил вопросы, задевавшие за живое, и, в конце концов, позволил продвинуть науку дальше. А она, в свою очередь, дала ответы на многие вопросы, в том числе и на вопрос: «Время движется по окружности или по прямой?»

Аристотель, назвавший Зенона первым диалектиком, в стиле диалектики и ответил на этот вопрос: «Он объединил круг и прямую — получилась спираль». Правда, Аристотель не предлагал свое изобретение в качестве нового образа времени.

Но спираль соединяет воедино то, что раньше казалось несопоставимым, что противопоставлялось друг другу, когда говорили о наглядном представлении времени.

Таким образом, наука о времени получила новый образ, физическое толкование которого предстояло найти последователям античных мыслителей.

На самом деле при движении наблюдателя от точки «0» к точке «A» отрезок ΔS — прямая, при движении по фронту волны — окружность, при движении от точки «0» к точке «B» — спираль ($\rho = \alpha\varphi$), так как имеются радиальная и трансверсальная составляющие. Отсюда следует, что прямая, окружность, спираль есть образы реального времени.

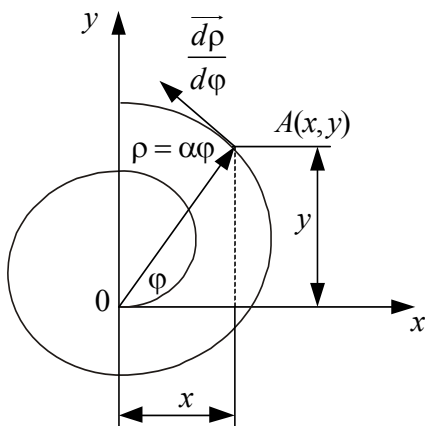


Рис. 9.2. Движение по спирали

Для спирали $\rho = \alpha\varphi$ следует исследовать возможность образования прямого угла между $\vec{\rho}$ и $\vec{d\rho}/d\varphi$ как прообраза центростремительного ускорения:

$$x = 0A \cos \varphi = \alpha\varphi \cos \varphi;$$

$$y = 0A \sin \varphi = \alpha\varphi \sin \varphi;$$

$$\vec{\rho} = x\vec{i} + y\vec{j} = \alpha\varphi \cos \varphi \vec{i} + \alpha\varphi \sin \varphi \vec{j};$$

$$\frac{\overline{d\rho}}{d\varphi} = (\alpha \cos \varphi - \alpha \varphi \sin \varphi) \vec{i} + (\alpha \sin \varphi - \alpha \varphi \cos \varphi) \vec{j}.$$

Найдя скалярное произведение $\vec{\rho}$ и $\overline{d\rho}/d\varphi$, получим

$$\vec{\rho} \cdot \frac{\overline{d\rho}}{d\varphi} = \alpha^2 \varphi \cos^2 \varphi - \alpha^2 \varphi^2 \sin \varphi \cos \varphi = \alpha^2 \varphi.$$

Итак,

$$\vec{\rho} \cdot \frac{\overline{d\rho}}{d\varphi} = \alpha^2 \varphi.$$

Векторы $\vec{\rho}$ и $\overline{d\rho}/d\varphi$ перпендикулярны, если $\vec{\rho} \cdot \overline{d\rho}/d\varphi = 0$, т.е. $\alpha^2 \varphi = 0$ при $\varphi = 0$. Но $\varphi \neq 0$, следовательно, $\vec{\rho}$ и $\overline{d\rho}/d\varphi$ никогда не будут перпендикулярны.

Окружности радиуса $R = 00'$ и $R = 0'0$ представляют фронты волны времени или одновременность для точек 0 и $0'$. В свою очередь, эти точки должны находиться на фронте волны в системе отсчета наблюдателя, т.е. на окружности радиуса $R = A0 = A'0$, причем $A0 = A'0 = 00' = 0'0$. Скорость наблюдателя при этом будет постоянна, поскольку интервал времени Δt равен пройденному пути ΔS в системе 0 , но и $\Delta S = \Delta t = 1$, следовательно,

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} = 1 \text{ — const.} \quad (9.1)$$

Скорость наблюдателя относительно выбранной системы отсчета в силу равенства $\Delta t = \Delta S$ всегда постоянна. Это значит, что вектор скорости должен вращаться относительно системы отсчета, т.е. точки 0 . В начальный момент не определены масштабы ни пространства, ни времени, поэтому в системе отсчета 0 :

$$\begin{cases} \Delta S = \Delta t = 1; \\ \Delta V = V; \end{cases} \quad \begin{cases} S = t = 1 \text{ — const}; \\ V = 1 \text{ — const}. \end{cases} \quad (9.2)$$

Из сказанного следует, что в замкнутой системе отсчета скорость — величина постоянная ($V = \text{const}$). Предельное значение скорости зависит от выбранной системы отсчета пространства-времени.

В штрихованной системе ось x отрицательна, отрицательное значение должно иметь и время. Поэтому на рис. 9.1 оси y и y' имеют противоположные направления.

Но если система отчета пространства-времени замкнута, а наблюдатель движется по окружности радиуса R , то пространство и время при постоянной скорости внутри системы должны изменяться как функции синуса и косинуса:

$$\begin{cases} x = R \cos \alpha; \\ y = R \sin \alpha; \end{cases} \quad \begin{cases} x = R \cos \alpha; \\ t = R \sin \alpha. \end{cases}$$

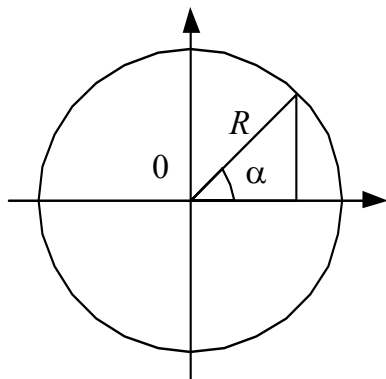


Рис. 9.3. Движение по окружности

Время и пространство задаются наблюдателем выбором самой системы отчета, следовательно, время зависит от начального расстояния R . При $R = 1$

$$\begin{cases} x = R \cos \alpha; \\ t = R \sin \alpha, \end{cases}$$

тогда $|V| = \frac{x}{t} = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \text{ctg} \alpha$ — скорость изменяется от нуля до бесконечности ($0 \leftrightarrow \infty$):

$$|V| = R = \sqrt{x^2 + t^2}; \text{ при } R = 1 \quad |V| = \sqrt{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \pm 1 - \text{const},$$

$$|V| = \text{ctg} \alpha = \sqrt{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \pm 1 \Rightarrow |V| = \pm 1.$$

Но такое возможно только при $\alpha = 45^\circ$.

Знак скорости « \pm » указывает на то, что направление скорости не определено — она одинаково вероятна.

Наблюдатель связан во времени не только с системой «0», но и со временем конечной системы A .

В обеих системах наблюдатель должен находиться на фронте волны времени. Поэтому возможны только два связанных состояния B и B' . Угол $BOB' = 120^\circ$, $BA = B'A = R$. При этом нельзя однозначно сказать, в какой именно точке, B или B' , он может находиться; оба эти состояния одинаково вероятны. Подобная модель позволяет рассмотреть пространственно-временную систему по-новому.

В силу того что начальная временная система «0» связывается с конечной системой A , происходит удвоение пространственно-временных параметров. Ранее было отмечено, что время измеряется пройденным путем, поэтому для наблюдателя, движущегося по окружности в системе «0» (по фронту волны времени), единичный масштаб времени равен

$$BA + AB' = 2R = 2t.$$

Зная длину окружности или фронта волны, зависящую от единичных масштабов пространства и времени, можно определить скорость наблюдателя в точках B и B' . Ясно, что $V_B = V_{B'}$:

$$V_{BB'} = \frac{2\pi R}{2t} = \frac{2\pi R}{2R} = \pi = 3,14,$$

или приблизительно

$$V_{BB'} = \frac{360^\circ}{120^\circ} = 3, \text{ или } V_{BB'} = \frac{6R}{2R} = 3.$$

Итак, скорость на окружности в зависимости от методов измерения и их точности находится в пределах $V_{BB'} = 3 \div 3,14(\pi)$ единиц скорости, а это значит, что в замкнутой равновесной системе отсчета пространства-времени, в зависимости от масштабов и методов измерения, конечные скорости должны быть кратны пределу $3 \div 3,14$ и различаться только порядком.

Движение наблюдателя определяется интервалом времени $2R = 2t$. Но это не значит, что он не попадет в ту точку пространства (A),

куда двигался. Это означает, что должна вращаться сама система 0А. Если время самого наблюдателя определяется углом 240° , то скорость вращения системы должна быть кратна величине

$$V_{0A} = \frac{120^\circ}{240^\circ} = 0,5, \text{ или } \frac{2R}{4R} = 0,5, \text{ или } \frac{2\pi}{4\pi} = 0,5, \text{ или } \frac{3}{6} = 0,5$$

единиц скорости.

Линейная скорость вращения Земли на экваторе равна 0,5 км/с.

Если наблюдатель в качестве системы отсчета пространства-времени имеет вращающуюся систему, то из начальной связанной системы определяется ритм времени.

Для отражения внешнего мира у наблюдателя имеется

$$360^\circ - 120^\circ = 240^\circ.$$

Наименьшим масштабом может служить только $1^\circ/240^\circ$ часть градуса.

Для прохождения полной окружности требуется

$$360^\circ : \frac{1^\circ}{240^\circ} = \frac{360^\circ \cdot 240^\circ}{1^\circ} = 86\,400 \text{ ед. времени.}$$

Сравним с физическими основами календаря [115, с. 48].

Для жителей Земли наиболее важные периодические события — это смена дня и ночи и смена времен года.

Физические данные для построения солнечного календаря следующие:

- ◆ звездный год — $T_\oplus = 3,155815014 \cdot 10^7$ с;
- ◆ звездные сутки — $P_\oplus = 8,616409 \cdot 10^7$ с;
- ◆ период прецессии — $T_Y = 25\,780 \cdot 3,156 \cdot 10^7 = 8,135 \cdot 10^7$ с.

Продолжительность времени между двумя последовательными весенними равноденствиями называется тропическим годом, и он положен в основу календаря:

$$T_{\text{троп}} = \frac{T_\oplus T_Y}{T_\oplus - T_Y} = 31\,556\,926 \text{ с.}$$

Тропический год на 1224 секунды или на двадцать с половиной минут короче звездного года — истинного периода обращения Земли.

Для составления календаря находят средние за год солнечные сутки P_0 .

Средняя частота появления Солнца P_O^{-1} равна

$$P_O^{-1} = P_{\oplus}^{-1} - T_{\text{троп}}^{-1} ; P_O = \frac{P_{\oplus} T_{\text{троп}}}{T_{\text{троп}} - P_{\oplus}} = 86\,400 \text{ с.}$$

Так возникло привычное нам число секунд в сутках:

$$86\,400 = 24 \cdot 60 \cdot 60.$$

Именно отсюда определялась раньше секунда — как $1/86\,400$ часть средних солнечных суток.

В 60-х годах прошлого века были созданы атомные часы и за эталон времени была принята секунда, которая определяется по частоте колебаний атома цезия.

Теперь можно дополнить — наблюдатель для отражения реальной действительности должен иметь единичную систему, вращающуюся с периодом 86 400 единиц времени. Для прохождения полной окружности эта единица времени должна повторяться 360 раз (см. рис. 12.12):

$$R(t) \rightarrow \begin{cases} \text{кривая 1 при } E > 0; \\ \text{кривая 2 при } E = 0; \\ \text{кривая 3 при } E < 0. \end{cases}$$

Если есть возможность определения скорости наблюдателя на окружности одновременности, то можно определить и центростремительное ускорение по принятым в физике выражениям:

$$a_{\text{ц}} = \frac{V^2}{R} = \frac{\pi^2}{R} \text{ при } R=1;$$

$$a_{\text{ц}} = \frac{9,86}{1} = 9,86 \text{ ед. ускорения.}$$

Из этого следует, что наблюдатель в качестве системы отсчета должен иметь вращающуюся систему и в этой системе должно обнаруживаться ускорение, равное 9,86 ед. ускорения.

Видно, что численное значение центростремительного ускорения близко по значению, почти совпадает со значением ускорения силы тяжести.

Хотелось бы особо отметить, что в предлагаемой модели ускорение силы тяжести выступает не как некоторая загадка Природы,

связанная с притяжением, а как следствие отражения пространства-времени самим движущимся наблюдателем. Поэтому природа тяготения — это не взаимодействие масс, а отражение пространства-времени, и, естественно, ускорение силы тяжести для любых масс в каждой системе одинаково.

9.2. ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ

Следующий вопрос, который нас интересует, — а каковы должны быть геометрические размеры этой начальной вращающейся системы?

Если отражающий мир наблюдатель вынужден двигаться по фронту волны, то начальная система отсчета должна представлять собой окружность при плоской волне времени и сферу, если волна сферическая.

Радиус единичной окружности равен единице, а ее длина — $2\pi R$:

$$L = 2\pi R.$$

В начальной системе отсчета R не может быть иным, кроме единицы. Следовательно, первое численное значение масштаба длины не может быть иным, кроме 2π . Итак,

$$L = 2\pi R, \text{ при } R = 1 \rightarrow L = 2\pi = 6,28.$$

Это значит, что численное значение начального радиуса системы отсчета $R = 6,28$; в силу того что

$$\Delta S = \Delta t; \quad R = \begin{cases} \varphi = 360^\circ; \\ t = 6,28. \end{cases}$$

Если предположить, что фронт волны времени наблюдателя одинаков с фронтами волн относительно точек O и A , то точки O и A будут одновременны и лежать на окружности с центром в точке B или B' . Для этих окружностей скорость равна

$$V = \frac{2\pi R}{R} = 2\pi = 6,28 \text{ ед. скорости.}$$

Так как в выбранной системе отсчета (т. O) скорость постоянна и по модулю равна радиусу, то следует, что выбранная система отсчета должна иметь радиус $R = 2\pi = 6,28$ ед. длины.

Предполагая, что наблюдатель, двигаясь от начала отсчета $t = 0$ к $t = A$, в то же время обязан находиться на фронтах волн времени и будет совершать одновременно два гармонических колебания (с одинаковой частотой) во взаимно перпендикулярных направлениях, его смещение определяется уравнениями

$$\begin{cases} x = R_1 \sin(\omega t); \\ y = R_2 \sin(\omega t + \varphi), \end{cases}$$

и траектория движения описывается уравнением эллипса

$$\frac{x^2}{R_1^2} + \frac{y^2}{R_2^2} - \frac{2xy}{R_1 R_2} \cos \varphi = \sin^2 \varphi.$$

В этом случае наблюдатель воспринимает окружность одновременно как бы со стороны, т.е. в виде эллипса. Смещение наблюдателя относительно начальной системы отсчета (рис. 9.4) составит 60° .

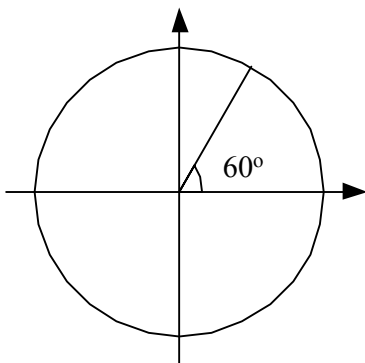


Рис. 9.4. Смещение наблюдателя относительно начальной системы отсчета

В результате смещения наблюдатель должен обнаружить и эксцентриситет эллипса. Очевидно, он составит долю смещения самого наблюдателя:

$$\varepsilon = \frac{1}{60} = 0,0167 \text{ ед. измерения,}$$

или это смещение составит отношение длины единичной окружности к количеству градусов:

$$L = 2\pi R; \quad L = 6R; \quad \varepsilon = \frac{6R}{360^\circ} = 0,0167 \text{ при } R = 1.$$

При прохождении наблюдателем начального единичного радиуса с единичной скоростью ($R = 1$, $\Delta t = 1$, $V = 1$) на него действует ускорение 9,86 ед. ускорения, преодоление которого ведет к замедлению времени:

$$\Delta t = \frac{V}{9,86} = \frac{1}{9,86} = 0,1014.$$

Замедление времени дает возможность пройти большой путь. Тогда начальный радиус системы должен иметь значение кратное

$$R = 6,28 \cdot 0,1014 = 0,636792 \approx 0,6370 \approx 0,64 \text{ ед. длины.}$$

С другой точки зрения, для наблюдателя имеем:

$$V = 6,28; \quad g = a_{\text{ц}} = 9,86, \text{ тогда } \Delta t = \frac{V}{a_{\text{ц}}} = \frac{6,28}{9,86} = 0,637.$$

Но $\Delta t = R$, и снова приходим к выводу, что радиус начальной системы кратен значению 0,637.

Очевидно, что величина 0,637 представляет собой некоторую пространственно-временную характеристику в начальной системе отсчета самого наблюдателя. Она же должна отражать и гравитационные свойства системы отсчета как проявление пространственно-временных особенностей.

Если в грубом приближении считать, что длина единичной окружности $L = 2\pi R = 6R$, а внешний мир наблюдателя отражается дугой $4R$, то значение пространственно-временной величины имеет значение

$$\frac{4R}{6R} = 0,666(6) = 0,667,$$

или

$$\frac{240^\circ}{360^\circ} = 0,666(6) = 0,667,$$

или

$$\frac{2}{3} = 0,666(6) = 0,667.$$

Нетрудно заметить, что из величины 0,667 выбором масштабов можно получить значение гравитационной постоянной γ .

Единичный радиус служит единицей измерения во внешней системе отсчета. Тогда минимальная единица измерения, выбранная наблюдателем, равна

$$\frac{1}{360^\circ} = \frac{1}{360 \cdot 60' \cdot 60''} = 0,00000077 \approx 8 \cdot 10^{-7} \text{ ед. вр.}$$

Эта единица измерения должна отложиться на единичной окружности

$$\frac{360^\circ}{8 \cdot 10^{-7}} \text{ раз} = 450\,000\,000 \text{ ед. длины.}$$

Но скорость движения известна

$$V = \frac{2\pi R}{2R} = \pi; \quad V = \frac{6R}{2R} = 3,$$

тогда время движения составит

$$\frac{450\,000\,000}{V} = \frac{450 \cdot 10^6}{\pi} = 150\,000\,000 = 150 \cdot 10^6 \text{ ед. вр.}$$

В единичной системе отсчета $v = t$, следовательно, начальный радиус в выбранной системе отсчета равен

$$R_c = 150\,000\,000 = 150 \cdot 10^6 \text{ ед. длины.}$$

Естественно, что $L_{\text{окр орб}} = 2\pi R = 942\,000\,000 \text{ ед. длины.}$

Время на орбите известно из определения

$$r = 86\,400 \cdot 360 = 31\,104\,000.$$

Можно определить скорость на орбите:

$$V_{\text{орб}} = \frac{L_{\text{орб}}}{T_{\text{вр}}} = \frac{942 \cdot 10^6}{31\,104\,000} = 30,3 \frac{\text{ед. дл.}}{\text{ед. вр.}}$$

Из изложенного видно, что полученные соотношения достаточно точно соответствуют размерам конкретной системы отсчета, а именно системе Земля–Солнце. Из этого следует, что система Земля–Солнце такова потому, что в ней существуют наблюдатель и другой она просто не может быть.

Принципиально получены и объяснены размеры системы отсчета Земля–Солнце, исходя из движения самого наблюдателя и выбора им самим способов отражения мира. Теперь необходимо полученные результаты привести в масштабное соответствие с окружающим реальным миром и существующими системами измерения. Наука обречена получать такие значения физических величин и констант, исходя из пространственно-временных представлений.

9.3. КОНЕЧНОСТЬ СКОРОСТИ СВЕТА

Первоначально константа, равная скорости света, рассматривалась как коэффициент пропорциональности между магнитной напряженностью поля и силой тока. Для того чтобы перевести силу тока из электромагнитных в электростатические единицы тока, которые были введены первыми, необходимо знать постоянную « c ». Определяя « c » как коэффициент пропорциональности между силой тока и магнитной напряженностью поля и соблюдая соответствующую размерность, получили размерность скорости, т.е. расстояние, деленное на время. Измерения константы показали, что она в точности совпадает со скоростью света. Таким образом, возникли теоретические предпосылки для обоснования электромагнитной природы света. Поскольку константа приобрела значение скорости, то следующий вопрос должен заключаться в том, относительно чего или какого материального объекта эта скорость существует и что собой представляет конечное расстояние и конечное время. Опыт, проведенный Майкельсоном вместе с Морли по определению скорости света вдоль движения Земли и под углом к ней, не выявил влияния движения на значение константы. Полученный результат составил 300 000 км/с и не складывался ни с какой другой скоростью. Чтобы не нарушать закон сложения скоростей, появляется гипотеза о сокращении тел в направлении движения на долю

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \sqrt{1 - \beta^2}$$

(Фитцджеральд, Лоренц). Дальнейшим развитием гипотезы сокращения явилась необходимость выбора в равномерно движущейся системе собственно локального времени.

Само понятие скорости имеет единственный смысл — это отношение пути к интервалу времени или к длине дуги орбиты Земли. Научный физический и философский интерес представляет конечность скорости света и независимость ее от движения источника относительно наблюдателя. В 1938 году Дирак впервые усомнился в постоянстве фундаментальных мировых констант. Рассматриваемые ранее изменения длины и времени могут объяснить результат опыта Майкельсона–Морли, однако не делают яснее происхождение численного значения константы. Суть этого явления в методе определения интервала времени и в выборе системы отсчета пространства-времени.

Представим себе земной шар. С точки зрения одновременности, центр шара и его поверхность не одновременны. Это относится к любому сечению, проходящему через центр шара. События 1, 2, 3, происходящие на поверхности шара, одновременны только для его центра 0 (рис. 9.5).

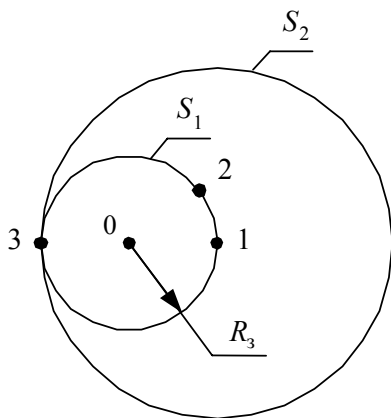


Рис. 9.5. Окружности одновременности

Окружность одновременности для центра Земли имеет вид $S_1 = 2\pi R_3$. Так как события одновременны только тогда, когда они находятся на одном расстоянии от рассматриваемой точки, то для точки 1 одновременность будут представлять события, находящиеся от нее на расстоянии $2R_3$, т.е. на окружности

$$S_2 = 2R_3 \cdot 4\pi = 4\pi R_3.$$

Для измерения такого времени необходимо найти единый масштаб. Но в качестве масштаба измерения времени для центра Земли принято расстояние, которое проходит Земля по орбите в ед. вр., т.е. тридцать километров. Этот масштаб определяет солнечное время, а не земное, так как орбита Земли является окружностью одновременности для Солнца. Окружностью одновременности для любой точки на поверхности Земли будет окружность $S = 2\pi \cdot 2R_c$, где R_c — расстояние от Земли до Солнца или радиус орбиты Земли, равный 150 000 000 км (рис. 9.6). Единичным масштабом времени для этой окружности служит радиус Земли, равный 6370 км или 6400 км. Если при изучении движения Земли вокруг Солнца можно пренебречь ее размерами, то при рассмотрении пространственно-временной системы Земля–Солнце следует учитывать размеры Земли как отдельной пространственно-временной системы. Теперь появляется возможность численного определения предельных скоростей, существующих в системе пространство-время. Исходя из представления о моменте времени и одновременности и имея в виду, что радиус Земли представляет минимальный масштаб времени в системе Земля–Солнце, получим предельный коэффициент пропорциональности в системе пространство-время или предельное значение скорости в системе Земля–Солнце. Значение предельного коэффициента « c » имеет вид

$$c = V_{\max} = \frac{S}{R_3} = \frac{4\pi R_c}{R_3}. \quad (9.3)$$

Подставляя значение величины, получим

$$c = V_{\max} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 150 \cdot 10^6}{6370} \approx 300\,000,$$

или

$$c = \frac{2R_c}{R_3/2\pi} = \frac{D_c}{R_3/2\pi} = \frac{2 \cdot 150 \cdot 10^6}{6370/6,28} \approx 300\,000,$$

или

$$c = \frac{2R_c}{R_3/2\pi} \approx 300\,000.$$

Поскольку секунда — это длина дуги орбиты земли, равная 30 км, то, очевидно, конечная скорость должна представлять собой коэф-

коэффициент пропорциональности, соответствующий вышеприведенному значению:

$$c = \frac{2 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 30}{6370} \approx 300\,000.$$

Так как диаметр орбиты Земли равен $2R_c = 300\,000\,000$ км, окружность одновременности для любого сечения, проходящего через центр Земли, равна $S = 2\pi R_3$, то приведенный масштаб времени для центра окружности имеет вид

$$M_{\text{пр}} = \frac{R_3}{2\pi} = \frac{6370}{6,28} \approx 1000,$$

где $M_{\text{пр}}$ — приведенный масштаб.

Отсюда коэффициент пропорциональности равен

$$c = \frac{2R_c}{M_{\text{пр}}} \approx 300\,000.$$

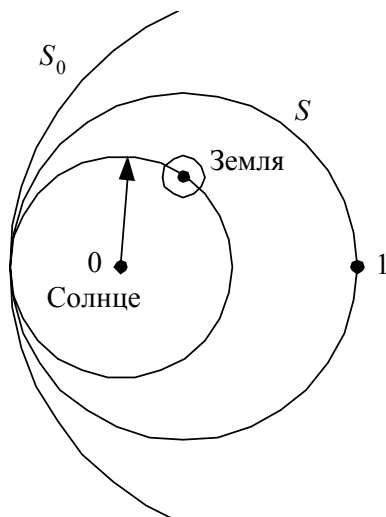


Рис. 9.6. Представление одновременности

Таким образом, значение предельной скорости на Земле соответствует коэффициенту пропорциональности в выбранной системе

ме отсчета пространства-времени, определенному по двум фундаментальным величинам R_3 и R_c . Поскольку на окружности одновременности всегда можно взять произвольную точку 1 (рис. 9.6) и провести новую окружность одновременности S_0 , то из этого следует, что предельной скорости не существует в любой заданной системе пространство-время. Выбор предельного коэффициента зависит от бесконечной смены окружностей одновременности и может быть представлен схемой (рис. 9.7).

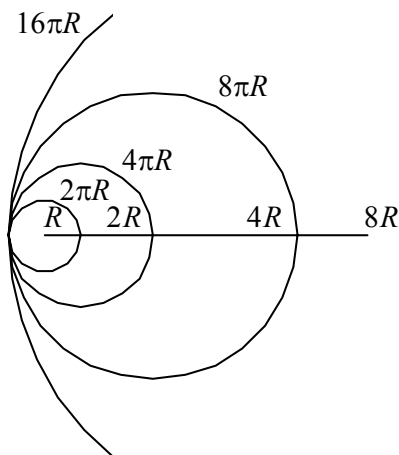


Рис. 9.7. Последовательность одновременности

Последовательность одновременности выражается геометрической прогрессией с первым членом $a = 4\pi R_c$, где R_c — радиус орбиты начальной системы — Земля–Солнце, а знаменатель прогрессии — $q = 2$:

$$a_n = 4\pi R_c q^{n-1}. \quad (9.4)$$

Отсюда последовательность предельных коэффициентов, а следовательно, и численное значение предельных скоростей, которые обязана давать физическая теория и эксперимент в выбранной системе отсчета пространства-времени определяется выражением

$$C_n = \frac{a_n}{R_3} = \frac{4\pi R_c q^{n-1}}{R_3}. \quad (9.5)$$

Так как $q = 2$, то выражение (9.5) принимает вид

$$C_n = \frac{a_n}{R_3} = \frac{4\pi R_c}{R_3}. \quad (9.6)$$

Численные значения предельных коэффициентов при $n = 1, 2, 3, \dots$ будут равны: $C_1 = 300\,000$, $C_2 = 600\,000$ — о таких скоростях идет речь в современной физике; $C_3 = 1\,200\,000$ — именно такая скорость была предсказана Дираком для квазара 3C273; $C_4 = 2\,400\,000$ и т.д.

Обнаружение скоростей, больших $300\,000$ км/с, зависит от уровня техники и состояния теоретических физических концепций. Так как $300\,000$ — один из коэффициентов пропорциональности в системе пространство-время, а любое физическое явление — результат отражения пространства-времени, существующего как движение материи или движение массы, то маловероятно существование частиц с массой, равной нулю, а следовательно, должна изменяться точка зрения на плотность материи в мировом пространстве.

Таким образом, предельные коэффициенты получаются из простых соотношений длин системы отсчета пространства и системы отсчета времени. Но если предельные коэффициенты, характеризующие электромагнитные и оптические явления, выражаются через линейные соотношения выбранных систем отсчета пространства-времени, то следует признать, что все виды взаимодействия — формы отражения пространства-времени — связаны с системой отсчета пространства и времени. Конечно, прежде всего, сама система отсчета пространства-времени, в ней и начало, и конец.

Из единства пространства-времени, первичности системы отсчета пространства-времени вытекает конечность скорости света как одного из коэффициентов пропорциональности, а не наоборот. Это тем очевиднее, что единичное, особенное и всеобщее не изолированы друг от друга, а представляют собой различные стороны единого целого.

9.4. СВЕРХСВЕТОВЫЕ СКОРОСТИ

До сих пор, несмотря на обилие научно-популярных публикаций, немало недоумения вызывают основные положения специальной

теории относительности. Например, совершенно невозможно себе представить, что материальные тела не могут двигаться быстрее, чем движется в вакууме электромагнитная волна — этому утверждению приходится только верить, поскольку оно подтверждается совокупностью всех известных экспериментальных фактов и позволяет создать стройную и внутренне непротиворечивую физическую картину мира.

Встает вопрос: действительно ли противоречат специальной теории относительности наблюдения, согласно которым источники излучения движутся со сверхсветовыми скоростями? По этому поводу академик В.Л. Гинзбург писал: «...любопытно, что какое-то гипнотическое влияние утверждения о невозможности превзойти скорость света в вакууме продолжает действовать и в наше время» [236, с.35].

Строго говоря, скорость чего бы то ни было реально не может быть бесконечно большой, поскольку по определению бесконечно большая величина есть величина, непрерывно возрастающая во времени. В этом смысле конечность скорости света не должна вызывать недоумения — вопрос заключается только в том, почему в вакууме она имеет одну и ту же величину. Можно лишь предположить, что это есть следствие какого-то особого свойства «пустого пространства», отличающего его от любых материальных сред [237, с.35].

Движение источников со скоростью больше скорости света подробно рассмотрено в работе Б.М. Болотовского, В.Л. Гинзбурга «Эффект Вавилова–Черенкова и эффект Доплера при движении источников со скоростью больше скорости света в вакууме».

При равномерном и прямолинейном движении некоторого «источника» в однородной среде излучение возникает только при условии, что скорость источника v больше фазовой скорости c_Φ рассматриваемых волн в данной среде. При этом волновой вектор в излучаемых волнах k составляет со скоростью источника v угол Θ_0 , где

$$\cos \Theta_0 = \frac{c_\Phi}{v}. \quad (9.7)$$

Следовательно, условие черенковского излучения имеет вид

$$\cos \Theta = \frac{c}{n(\omega)v}. \quad (9.8)$$

Из условия излучения (9.8) ясно, что эффект Вавилова–Черенкова возможен лишь, если

$$v \geq \frac{c}{n(\omega)} = c_{\text{ф}}, \quad (9.9)$$

т.е., как это уже подчеркивалось, для появления излучения необходимо, чтобы скорость источника превосходила фазовую скорость света. То же условие необходимо для появления аномального эффекта Доплера, для которого

$$\frac{vn(\omega)}{c} \cos \Theta > 1. \quad (9.10)$$

Из условия (9.9) обычно делают вывод, что излучение Вавилова–Черенкова и аномальный эффект Доплера возможны лишь в средах с положительным показателем преломления:

$$n(\omega) > 1. \quad (9.11)$$

Подобное ограничение весьма существенно.

Требование (9.11) в качестве условия, допускающего появление излучения Вавилова–Черенкова и аномального эффекта Доплера, связано с предположением, что скорость источника меньше скорости света в вакууме, т.е.

$$v < 1 = 3 \cdot 10^{10} \text{ см/с}. \quad (9.12)$$

Именно в силу такого требования была в свое время признана не относящейся к реальности, а затем на долгие годы забыта работа Зоммерфельда, еще в 1904 году пришедшего к выводу о наличии излучения у электрона, движущегося в вакууме равномерно, но со скоростью $v < c$. Фактически Зоммерфельд рассмотрел эффект Вавилова–Черенкова в недиспергирующей среде — вакууме. Соответствующий расчет формально корректен, поскольку уравнения электромагнитного поля и, в частности, уравнение

$$\text{rot } H = \frac{4\pi}{c} \rho v + \frac{1}{c} \frac{\partial D}{\partial t}$$

справедливо и при $v < c$. Не нарушается при этом и релятивистская инвариантность теории в противоположность довольно распространенному ошибочному мнению. Действительно, как подчеркивалось

Эйнштейном еще в 1907 году, условие $v < c$ для скорости материального «тела» или какого-то «действия» связано не с вопросом о релятивистской инвариантности, а с требованием причинности: ни в одной системе отсчета следствие не должно опережать причину.

Из релятивистского выражения для массы

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

и уравнения движения

$$\frac{d(mv)}{dt} = F$$

ясно, что никакое тело (частица) не может быть ускорено до скорости $v \geq c$. Но и это само по себе еще не закрывает возможности существования гипотетических частиц, получивших название тахионов и всегда движущихся со скоростью $v \geq c$.

Тахионы можно было бы считать частицами с мнимой массой

$$m^* = im,$$

энергией

$$E = \sqrt{m^{*2}c^4 + c^2 p^2} = \sqrt{-m^2c^4 + c^2 p^2},$$

импульсом

$$p = m^* v / \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

и скоростью

$$v = \frac{dE}{dp} = \frac{c^2 p}{E} = c^2 p / \sqrt{-m^2c^4 + c^2 p^2}.$$

Очевидно, для тахионов импульс p является вещественным, если $v > c$, и, следовательно, $p > mc$; скорость тахионов $v \rightarrow c$ при $p \rightarrow \infty$ и, наоборот, $v \rightarrow \infty$ при $p \rightarrow mc$. Величина

$$E^2 - c^2 p^2 = m^{*2}c^4 = -m^2c^4$$

остается инвариантной при преобразованиях Лоренца, и «закрывать» возможность существования тахионов удастся, в частности, из условия причинности. Впрочем, быть может, не все еще согласятся с тем, что существование тахионов невозможно, хотя нам такой вы-

вод и представляется достаточно надежным. Подчеркнем поэтому, что тахионы во всяком случае не обнаружены и, таким образом, условие $v \leq c$ для всех известных частиц заведомо отвечает действительности [238].

Тот факт, что в физике и астрономии возможны и фактически встречаются скорости, превосходящие скорость света в вакууме, конечно, давно и хорошо известен. Не говоря уже о фазовой скорости волн при $n(\omega) < 1$ или относительной скорости двух разлетающихся в данной системе отсчета частиц (эта скорость может достигать значения $2c$), скоростью больше c могут обладать сечения волновых фронтов и вообще различные «зайчики». Представим себе вращающийся прожектор или «маяк». Если угловая скорость «маяка» равна Ω , то по экрану, удаленному от источника на расстояние R , световое пятно («зайчик») будет бежать со скоростью (см. также ниже)

$$v = \Omega R. \quad (9.13)$$

Модель «маяка» является сейчас общепринятой для пульсаров, причем в этом случае скорость «зайчика» на Земле для всех известных пульсаров превосходит скорость света c . Так, для пульсара NP 0532 в Крабовидной туманности $\Omega \approx 200$ и $R \approx 2000$ $nc \approx 6 \cdot 10^{21}$ см, откуда $v = \Omega R \approx 1,2 \cdot 10^{21}$ см/с. Если обеспечить вращение луча от лазера или вращение электронного пучка, например, со скоростью $\Omega = 10^5$, то $v > c$ уже для расстояния $K > 3 \cdot 10^5$ см [238, с.217].

«Зайчики» со скоростью $v > c$ можно получить не только в случае электромагнитных волн, но и для гравитационных волн. Пользуясь лучевой трапезкой, приходим к возможности иметь «зайчики» произвольной скорости как для нейтрино (скорость c), так и для любых других частиц (скорость $v < c$). То обстоятельство, что появление скоростей $v > c$ для «зайчиков» не противоречит теории относительности, не может вызывать и тени сомнений. Применение скорости света для синхронизации часов, обычно используемое при изложении теории относительности, во-первых, является не единственным, а лишь одним из возможных методов; во-вторых, этот метод действительно в большинстве случаев наиболее удобен и целесообразен не в связи с тем, что скорость света является мак-

симально возможной, а потому, что эта скорость универсальна — одинакова во всех инерциальных системах отсчета (разумеется, при условии выбора в этих системах одинаковых масштабов и часов). Наконец, когда все же говорят о скорости света в вакууме как о максимально возможной, то имеют в виду скорость передачи возмущений, взаимодействий или «сигналов».

Световые и иные «пятна» и «зайчики», хотя и могут двигаться со скоростью $v > c$, но никак не нарушают сделанного утверждения, т.е. они не могут быть использованы для передачи сигнала со скоростью $v > c$ [238, с.221].

9.5. СВЕРХСВЕТОВЫЕ СКОРОСТИ В АСТРОНОМИИ

Не так давно произошло одно астрономическое открытие, которое поначалу необычайно всех изумило. Удивительные открытия в астрономии следуют в последние двадцать лет одно за другим. Но это... Судите сами — открыты движения со сверхсветовыми скоростями.

Вот точные факты астрономических наблюдений.

В 1974 году в самом центре довольно далекой галактики, которая значится под номером 120 в 3-м Кембриджском каталоге, произошла яркая вспышка. Возникла светящаяся область, которая прямо на глазах увеличивалась в размерах. Светящееся пятно разрасталось, и за полгода его радиус увеличился практически от нуля до 3-х световых лет. С какой же скоростью расширилось пятно?

Один световой год — это путь, который свет проходит за один год, но чтобы за полгода пройти расстояние в три световых года, требуется скорость, шесть раз превышающая скорость света. Выходит, что с такой скоростью и расширилось пятно.

Другой пример. Одна из галактик в созвездии Ящерицы давно уже привлекла внимание астрономов своим необычным поведением. Наблюдая ее центральную область в декабре 1980 года, астрономы нашли там два ярких пятнышка, расстояние между которыми составляло 3 световых года. Было замечено, что эти светящиеся пятна удаляются друг от друга, и в июне 1981 года расстояние между ними составило уже 5,5 световых лет. За полгода расстояние увеличилось на 2,5 световых года. Следовательно, скорость удаления одного пятна от другого составляла пять скоростей света.

Вот явление, наблюдаемое в центральной области знаменитого квазара, который в 3-м Кембриджском каталоге значится под номером 273. Это был первый открытый квазар. С его обнаружения в 1963 году и начался настоящий каскад замечательных астрономических открытий 60–80-х годов XX века.

Из центра этого квазара выбрасывается светящаяся струя. Ее яркий конец за четыре года удалился от центра на расстояние 20 световых лет. Выходит, он двигался со скоростью, в пять раз превышающей скорость света.

Есть и другие примеры такого рода сверхсветовых движений. Нужно сказать, что почти все они открыты по наблюдениям не в видимом свете, а в радиолучах, с помощью самых крупных современных радиотелескопов. Рекорд (на 1987 год) — скорость, превышающая скорость света в 21 раз!

Теория относительности учит нас, что никакое тело не может двигаться со скоростью, превосходящей скорость света. Как же понимать тогда свехсветовые скорости в ядрах галактик и квазаров?

После первого удивления и даже растерянности астрономы все же догадались, как объяснить это явление. Теория относительности, как оказалось, нисколько не была поколеблена. Напротив, найденное объяснение целиком на ней основывается.

Вот самый простой пример такого объяснения (рис. 9.8).

Пусть тело движется навстречу нам — но не строго по лучу зрения, а под небольшим углом к нему. Пусть объект испустил два сигнала по направлению к нам, сначала один, а затем, через определенный промежуток времени, другой. За время между испусканием сигналов тело прошло путь OA на нашем рисунке. Видимое нами перемещение меньше — оно, очевидно, представляет собой проекцию этого пути на то, что астрономы называют картинной плоскостью. Это плоскость, перпендикулярная к лучу зрения. Проекция составляет отрезок OB .

Как астрономы получили свои оценки скорости? Они делили видимое перемещение (отрезок OB) на время между приемом первого и второго сигналов. Они брали именно время между приемом, а не между испусканием двух сигналов. Но это — разные промежутки времени. Когда источник движется на нас, промежутки времени, как мы знаем, сокращаются — в соответствии с эффектом Доплера. Промежуток между приемом сигналов меньше промежутка между

их испусканием. И если скорость источника близка к скорости света, разница между ними может оказаться сколь угодно большой.

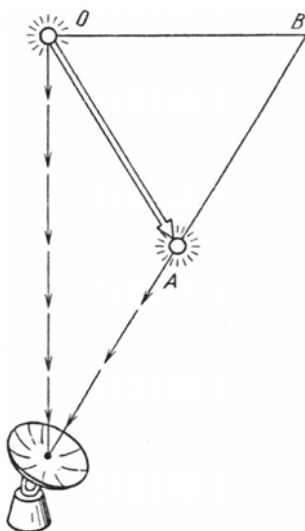


Рис. 9.8. Видимые сверхсветовые скорости — возможное объяснение

При вычислении видимой скорости перемещения мы, так сказать, проигрываем в пути (проекция OB меньше пути OA), но зато можем очень сильно выиграть во времени. Из-за этого и получается пугающе большое отношение видимого пути к времени между приемом двух сигналов, посланных в начале и в конце этого пути. Это отношение и считали скоростью движения.

Такая «видимая» скорость вполне может оказаться больше скорости света. Но она не совпадает с реальной скоростью движения тела. Реальная скорость равна отношению пройденного пути (OA на нашем рисунке) к промежутку времени между испусканием — а не приемом! — сигналов. Как показывают расчеты, она должна быть довольно большой, близкой к скорости света, но при этом никак ее не превышать.

Видимые сверхсветовые скорости — это иллюзия. Она возникает из-за относительности времени. Нельзя вычислять скорость делением пути, пройденного «там», на промежуток времени, изме-

ренный «здесь». Стоило астрономам забыть об этом, и они натолкнулись на парадокс.

К счастью, загадка оказалась не такой уж трудной. Правильный ответ был вскоре найден. Теория относительности и, прежде всего, идея относительности времени в очередной раз восторжествовали [111, с.85–87].

9.6. ТАХИОНЫ

Один из основных постулатов физики утверждает, что в природе существует максимальная скорость. Это скорость света в пустоте — около 300 тысяч километров в секунду. Считается, что ни одно тело не может двигаться быстрее. Безмассовые частицы — фотоны, нейтрино и спрятавшиеся в недрах других частиц глюоны — перемещаются в пространстве с максимальной скоростью. Все другие частицы и тела движутся медленно.

Может, в природе все-таки существуют частицы, движущиеся быстрее света, а мы их просто еще не обнаружили? Допущение с научной точки зрения не столь уж крамольное. А если не обнаружили, то где следует их искать и какими свойствами может обладать «сверхсветовое вещество»?

Вопрос о сверхсветовых скоростях — один из спорных пунктов современной физики. Хотя большинство ученых считает, что в природе таких скоростей нет, это мнение не имеет под собой безусловных оснований. Вопрос продолжает беспокоить физиков. В самых серьезных и респектабельных физических журналах время от времени появляются статьи, которые еще и еще раз, с новых точек зрения, анализируют следствия сверхсветовой гипотезы.

Все гипотетические тела, движущиеся со сверхсветовыми скоростями, независимо от их массы, размеров и других свойств, принято называть тахионами [239, с.130]. Или тахионы — это частицы, которые движутся со скоростями, превышающими скорость света, т.е. $v > c$ [240, с.611].

Известно, что существуют же частицы, с легкостью движущиеся со скоростью света, — фотоны и нейтрино! Они рождаются, сразу имея такую скорость, без всякого разгона. А все оттого, что у них просто нет массы покоя (во всяком случае, у фотона). Тахионы тоже

должны иметь сверхсветовую скорость с самого момента рождения. Другими словами, это совершенно новая форма материи, отделенная от обычной непроходимым световым барьером. Переход происходит всегда скачком: частицы поглощаются и затем рождаются сразу по другую сторону барьера. Они как бы «подныривают» под него.

В тахионных процессах разделение на прошлое и будущее условно, как условно, например, противопоставление правого и левого в нашей обыденной жизни: для меня это — левое, а для стоящего ко мне лицом собеседника — правое. Так и для тахионов — в одной системе координат событие происходит в будущем, а в другой оно оказывается в прошлом.

В тахионном мире ничего не стоит подсмотреть, что произойдет завтра, послезавтра, через год. Нужно только сесть в экипаж, движущийся с подходящей скоростью. При этом возникают невероятные ситуации, в которых причинная связь событий нарушена [239, с.131].

Свойства тахионов настолько удивительны, что возникают серьезные сомнения в возможности существования таких частиц. Правда, ускорение вместо торможения, распухание и размазывание по всей траектории — хотя и непривычные для нас вещи, считать их абсолютно невозможными нет оснований. Странно — не значит невозможно. К необычным явлениям и свойствам можно привыкнуть. Другое дело — причинность. Ее нарушение — вопиющее противоречие, несовместимое с естественным ходом вещей в нашем мире. Ведь, в самом-то деле, не можем же мы беседовать со своими пращурями или давно умершими историческими личностями.

В последние десятилетия физики затратили много усилий на изучение так называемых нелокальных теорий, в которых на больших расстояниях все происходит как обычно, а на малых взаимодействия совершаются со сверхсветовыми скоростями и поэтому как бы размазаны, не локализованы вокруг точек пространства и моментов времени. Такие сверхсветовые взаимодействия могут передаваться тахионами или иным каким-либо способом — в нелокальных теориях это не конкретизируется. Исследования выполнялись в общем виде: постулировали сверхсветовую скорость передачи сигналов и смотрели, к чему это приведет. Оказывается, можно построить такую нелокальную теорию, которая будет непротиворечива и на больших расстояниях. Более того, по сравнению с обычной теорией поля она даже более последовательна.

Существует ли в природе сверхсветовая нелокальность и удивительные тахионы или же это всего лишь математическая игра физиков-теоретиков? На этот вопрос должна ответить сама природа [239, с.132–133].

На вопрос, существуют ли в природе тахионы, по мнению В.С. Барашенкова, следует ответить: пока неизвестно, это предстоит еще выяснить. Можно быть почти уверенным, что тахионов нет в макроскопических областях пространства. Иначе возникли бы парадоксы с причинностью, нарушились бы законы сохранения энергии и импульса. Тахионы и связанные с ними явления могут прятаться только где-нибудь внутри ультрамалых пространственно-временных интервалов, меньших 10^{-17} см и 10^{-27} с, там, где противопоставление прошлого и будущего теряет смысл. Поиски продолжаются, но надежных результатов не получено.

ГЛАВА 10

ВОЗВРАЩЕНИЕ В ФИЗИКУ

10.1. БЕСКОНЕЧНО МАЛОЕ СМЕЩЕНИЕ

Рассмотрим случай, когда смещение наблюдателя AB (рис. 10.1) бесконечно мало и величина смещения $AB = \Delta S = \Delta t$. В силу равенства $\Delta S = \Delta t$ скорость внутри системы равна

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} = 1 = \text{const},$$

причем $|V| = \Delta S = \Delta t$.

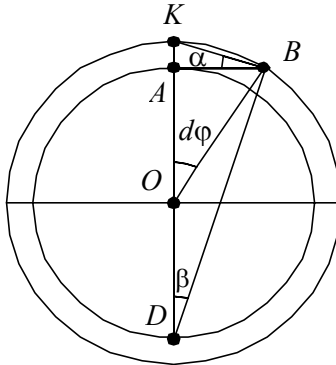


Рис. 10.1. Малое смещение

Введем обозначения:

$$OA = R; \quad AK = dR; \quad AB = 1.$$

Из треугольника AOB имеем

$$AB^2 = OB^2 - OA^2 = (R + dR)^2 - R^2 = dR(dR + 2R),$$

или, пренебрегая бесконечно малыми второго порядка, получим:

$$AB^2 = d^2R = 2RdR.$$

Из подобия треугольников AKB и ABD имеем:

$$\frac{dt}{\Delta S} = \frac{\Delta S}{AD}. \quad (10.1)$$

Из последнего равенства, с учетом постоянства элементарной скорости движения наблюдателя, получаем

$$AB = \sqrt{2RdR} = \text{const} \Rightarrow 2RdR = \text{const}$$

— скорость, которая может иметь большие значения в силу малости dt . Из анализа треугольника AKB делаем вывод, что $AK \neq AB$, что соответствует $dt \neq \Delta t$. Значит, общего течения времени не существует. За время движения наблюдателя Δt во внешней системе, связанной с точкой « O », время составит лишь его часть dt . Мало того, в точке « B », куда переместился наблюдатель, время имеет отрицательное значение.

Из рисунка видно, что $\Delta S = AD \cdot \Delta\varphi$, тогда

$$\frac{\Delta S}{dt} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} AD = \omega \cdot AD,$$

где

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}.$$

Получим

$$|V| = |AD|, \quad V^2 = (AD)^2.$$

Перепишем равенство (10.1) в следующем виде:

$$\frac{2RdR}{\Delta S^2} = 1$$

и, если $\Delta S = r$, вводя новое обозначение, получим

$$K = \frac{\text{const}}{r^2}. \quad (10.2)$$

Из формулы (10.1) также следует равенство

$$\frac{2R}{\Delta t} \cdot \frac{dR}{\Delta S} = \frac{2R}{\Delta S} \cdot \frac{1}{V} = 1.$$

Перепишывая данное выражение относительно вектора скорости и введя для общего случая новую переменную K' , имеем:

$$K' = \frac{\text{const}}{r}.$$

Если учитывать, что время наблюдателя отрицательно относительно внешней системы отсчета, предыдущее выражение будет иметь вид

$$K' = -\frac{\text{const}}{r}. \quad (10.3)$$

Сложение выражений (10.2) и (10.3) дает следующую общую зависимость:

$$K_{\text{общ}} = K + K' = \frac{\text{const}}{r^2} - \frac{\text{const}}{r}.$$

Графически это можно изобразить следующим образом (рис. 10.2).

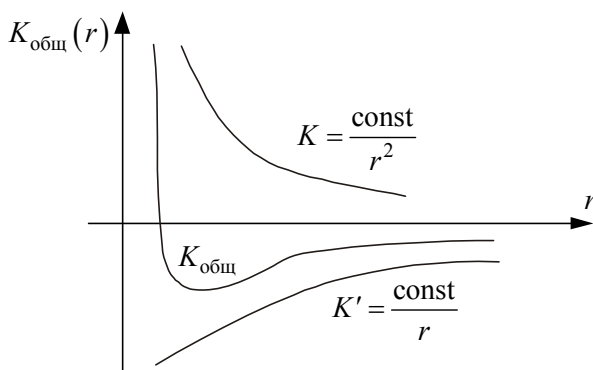


Рис. 10.2. Потенциальная яма

Если в полученном выражении поменять знаки, то получим

$$K_{\text{общ}} = \frac{\text{const}}{r}.$$

Графическая зависимость будет иметь вид, показанный на рис. 10.3.

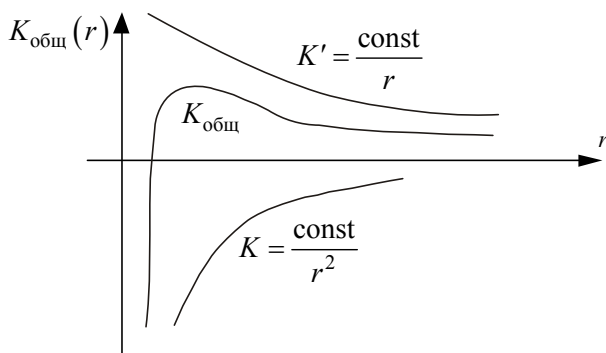


Рис. 10.3. Потенциальный барьер

Но с физической точки зрения, полученные графики иллюстрируют зависимости для потенциальной ямы и потенциального барьера.

Полученные зависимости представляют собой изменения пространства-времени, связанные с выбором системы отсчета и способом отражения времени наблюдателем, которые можно рассматривать как движение в центральном поле тяготения. Но при этом отсутствуют заряды и массы, которые в классической теории являются причиной тяготения, а в общей теории относительности — причиной искривления пространства-времени.

Таким образом, гравитация и электромагнетизм — это не свойство масс и зарядов притягивать тела и искривлять пространство и время, а свойство движущегося наблюдателя отражать мир через пространство-время, т.е. свойство самого пространства-времени, а точнее, свойство движущегося наблюдателя.

Следовательно, подтверждается предположение, что отраженный физический мир зависит от выбора системы отсчета, масштабов и единиц измерения и самого движущегося наблюдателя.

Здесь мы приходим к обоснованию антропного принципа. Суть принципа можно сформулировать так: наша Вселенная такова, какова она есть, именно потому, что мы в ней существуем. Это не значит, что физики проповедуют субъективный идеализм. Просто в нашей Вселенной много иных странностей, помимо тайн ее происхождения.

Существуют десятки всяких физических констант и их соотношений, и выясняется: если бы хоть одна из этих величин или их соотношение были чуть-чуть иными, нас бы во Вселенной не было. Например, если бы гравитационная постоянная, которую все проходили в школе при изучении ньютоновского закона всемирного тяготения, была чуть-чуть больше, Вселенная давно бы уже схлопнулась, не успев развиться. Если бы немного другим было соотношение масс электрона и протона, никакие сложные системы типа атомов, и уж тем более молекул, во Вселенной существовать просто не могли бы.

Но дело в том, что мы не видим твердой необходимости того, чтобы гравитационная константа в нашем мире равнялась именно числу 6,672, а не 6,84, например, или не 123,8.

Так же обстоит дело и с соотношением масс электрона и протона. Оно равно 1:1836. А почему не 1:1800 или 1:239? Но если бы соотношение было 1:239 или даже 1:1800, нас бы в этом мире не было. И ничего бы сложнее нейтрино и квантов света не существовало во Вселенной. То же самое касается значений зарядов частиц, скорости света, сил ядерных взаимодействий, других мировых величин.

Если бы физические константы подобрались в произвольном порядке, то, как полагает британский физик Пол Дэвис, мы убедились бы, что почти во всех сотворенных нами Вселенных не могла бы возникнуть жизнь. Она могла возникнуть только в одном случае — при том уникальном сочетании физических параметров, какое мы имеем. Возникает такое ощущение, что Вселенная специально мастерила под нас.

Некоторые астрофизики считают, что существует не одно наше мироздание, а множество отделенных друг от друга небытием Вселенных.

Новые Вселенные рождаются постоянно — считает физик Вольфганг Вильд из Мюнхенского технического университета, — словно пузыри в кипящем супе. И в этих Вселенных — разные физические постоянные. Просто в тех Вселенных, где физические константы иные, жизни нет. А мы можем рассуждать обо всем этом только потому, что в нашей конкретной Вселенной константы допускают возникновение сложных форм жизни. В других же Вселенных об этом просто рассуждать некому. В этом и есть суть антропного принципа.

Мы не разделяем мнения о существовании разделенных небытием Вселенных со своими физическими константами. Форма отраже-

ния мира через движущегося наблюдателя — сознание через пространство и время. Поэтому любая форма сознания придет к адекватному определению времени, что приведет к получению уже известных констант. Поэтому сознательная жизнь во Вселенной может существовать на образованиях, подобных системе Земля–Солнце.

Астроном Тамман считает идею бесконечного множества Вселенных малоубедительной: «Все это — одни умозрительные домыслы. С таким же успехом можно было поручить сотворение мира Господу Богу. В обоих случаях, пытаясь разгадать тайну мироздания, мы просто достаем из-под полы козырь, который не имеет ничего общего с серьезной наукой».

Вот тут и возникает один из величайших парадоксов современной науки — равенство ненаучной гипотезы Бога и научной гипотезы множественности Вселенных. Равенство состоит в том, что обе они принципиально непроверяемы. Есть в астрофизике красивый термин — «горизонт событий». Так называется граница пространства-времени, из-за которой мы принципиально не можем получить информацию: не доходит никакой сигнал. Все иные Вселенные лежат для нас за горизонтом событий. Мы не только не можем узнать, что в них происходит, но и не можем даже проверить, существуют ли они! Ведь все эти Вселенные лежат вне нашего времени и пространства, ибо время, пространство и движущаяся в них материя и есть Вселенная. А другие Вселенные отделены от нас бездной несуществования [241].

10.2. ДВИЖЕНИЕ В ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЕ

Ранее было показано, что при движении наблюдателя в выбранной системе отсчета $\Delta S = \Delta t$, а скорость

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} = 1 = \text{const.}$$

Так как $\Delta S = \Delta t = 1$, то и модуль скорости

$$|V| = \Delta S = \Delta t = 1 = \text{const.}$$

Следовательно, эти условия выражают равновесную систему и в замкнутой системе возможно следующее представление о взаимосвязи пространства и времени.

Будем считать, что точка A (рис. 10.4) существует относительно внешней системы отсчета — точки O , которая находится на оси t и на окружности одновременности:

$$2\pi R = 2\pi AB, \quad AB = AO.$$

Следовательно, точка A сама лежит на окружности одновременности (или фронте волны времени):

$$2\pi R = 2\pi AO.$$

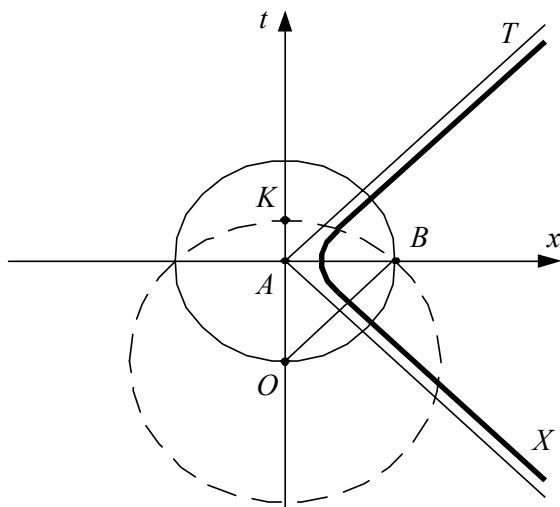


Рис. 10.4. Релятивистский мир

При движении наблюдателя из A в B будут меняться временные и пространственные масштабы относительно точек A , O , B . В частности, одновременность для точки B будет выражаться окружностью

$$2\pi R' = 2\pi OB.$$

OB — новый масштаб времени, который равен

$$OB = \sqrt{AB^2 + AO^2}.$$

При $AB = AO = 1$

$$OB = \sqrt{2} = 1,41.$$

Но это значит, что время в точках A и B течет не одинаково. Так, в точке A за период движения от A к B пройдет промежуток времени, равный AK , т.е. $\Delta t = AK$. Такое изменение времени должно привести к изменению пространственно-временных соотношений в начальной системе отсчета A , которые следует рассматривать как переход к новым координатным осям X, T , повернутым относительно первоначальных осей x, t на угол 45° , в силу того что $\angle AOB = 45^\circ$. Итак, мы перешли в новую систему координат, полностью зависящих от исходной системы.

В новой системе координат XT должны выполняться условия:

$$T = x - \Delta t;$$

$$\Delta t = AK;$$

$$X = x + \Delta t;$$

$$OB = x + \Delta t.$$

Следовательно, произведение T на X даст выражение

$$TX = (x - \Delta t)(x + \Delta t) = x^2 - \Delta t^2 = \text{const.}$$

Но это значит, что в системе координат x, t скорость должна быть постоянной, так как в осях XT выполняется равенство $x = t$. Обозначая постоянную скорость через c , можем перейти к пространственным координатам в рамках рассматриваемой системы:

$$XY = (x - c\Delta t)(x + c\Delta t) = x^2 - c^2\Delta t^2,$$

где выражение $XY = x^2 - c^2\Delta t^2$ представляет собой фундаментальный инвариант.

ГЛАВА 11

ВОЛНОВОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ

11.1. ВОЛНОВОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Поскольку измерение времени можно свести к рассмотрению равновесного излучения, то сам процесс можно представить в виде волнового процесса.

Рассмотрим процесс движения объекта в пространстве. Пусть в некоторый начальный момент времени наблюдатель находится в точке C , а наблюдаемый объект начал движение из точки A по направлению оси Ox (рис. 11.1). Тогда в момент начала движения объекта из точки A начнется распространение волны, фронт которой можно представить в виде окружности с центром в точке A .

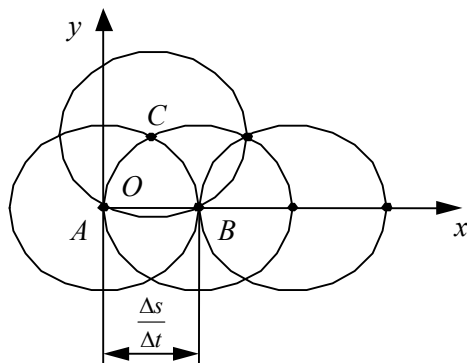


Рис. 11.1. Образование фронтов волн

За некоторый промежуток времени Δt движущийся объект переместится в точку B , пройдя путь Δt . Если допустить, что объект продолжил свое движение из точки B дальше вдоль оси x , то можно сказать, что через время Δt от начала движения объекта из точки B начнет распространяться еще одна волна, имеющая фронт в виде окружности с центром в точке B . Обозначим через r радиус полученных окружностей, в результате r содержит информацию о пройденном расстоянии и соответственно о времени, которое потратил объект на прохождение этого расстояния [242, с.177].

Исходя из условий равномерности течения времени и его оценки наблюдателем, течение равновесных процессов позволяет выделить равновесные точки, образованные пересечением окружностей с равными радиусами r , которые располагаются симметрично относительно оси Ox .

Исходя из изложенного, можно сделать вывод о том, что все временные процессы, происходящие в окружающем мире, наблюдатель будет воспринимать в виде различного рода излучения.

Этот процесс можно свести к волновой природе времени через преобразования Фурье.

Воспользовавшись представлением о волновой природе времени, течение временных процессов можно представить в виде синусоиды, пилообразных и прямоугольных импульсов (рис. 11.2).

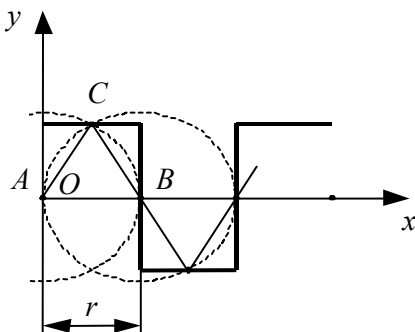


Рис. 11.2. Виды импульсов

Так как все три графика могут быть продолжены в отрицательном направлении оси Ox , то функции будут заданы на всем чи-

словом интервале путем нанесения симметричных точек с положительными и отрицательными ординатами.

Найдем аналитическое выражение для синусоиды.

Примем $r = \Delta s = \Delta t$, что соответствует радиусу окружности.

Найдем амплитуду синусоиды h — это ордината точки пересечения двух окружностей. Из равностороннего треугольника $\triangle ABC$ находим

$$h = r \sin 60^\circ = \frac{r}{\sqrt{2}}.$$

Наша функция должна иметь вид

$$f(x) = a_0 + h \sin \omega x.$$

Найдя амплитуду синусоиды $r/\sqrt{2}$ и принимая во внимание, что функция проходит через начало координат, можем записать

$$f_c(x) = \frac{2}{\sqrt{2}} \sin\left(\frac{\pi}{r}x\right).$$

Полученное уравнение соответствует уравнению синусоиды.

Найдем аналитические выражения функций пилообразных и прямоугольных импульсов. Для этого воспользуемся теорией разложения функций в ряд Фурье.

Тогда наши функции будут представлены в виде

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx)),$$

где

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos(nx) dx;$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin(nx) dx.$$

Если функция задана в интервале $[-1; 1]$ и удовлетворяет условиям теоремы разложения, то записать ряд можно, сделав замену независимой переменной:

$$x' = \frac{\pi}{l} x,$$

тогда функция $f(x)$ будет иметь вид

$$f(x) = f\left(\frac{\pi}{l} x'\right).$$

Разложение этой функции в ряд Фурье будет иметь вид

$$f(x) = f\left(\frac{\pi}{l} x'\right) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx' + b_n \sin nx'),$$

или

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos\left(\frac{nx\pi}{l}\right) + b_n \sin\left(\frac{nx\pi}{l}\right) \right),$$

где

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f\left(\frac{l}{\pi} x'\right) \cos nx' dx = \frac{1}{l} \int_0^{2\pi} f(x) \cos\left(\frac{nx\pi}{l}\right) dx;$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f\left(\frac{l}{\pi} x'\right) \sin nx' dx = \frac{1}{l} \int_0^{2\pi} f(x) \sin\left(\frac{nx\pi}{l}\right) dx.$$

Теперь можем применить данные математические выкладки к конкретной задаче.

У нас длина периода равна диаметру окружности, т.е. двум радиусам. Таким образом, для нашей задачи

$$l = r.$$

Обе функции удовлетворяют условиям теоремы разложения, так как они непрерывны и заданы на всей числовой оси. Ввиду того что функции пилообразных и прямоугольных импульсов определены на интервале $[0; 2r]$ и могут быть продолжены по всей длине числовой оси, они могут быть аналитически заданы в виде рядов Фурье. В данном случае коэффициенты Фурье для функции с периодом $2r$ имеют вид

$$a_i = \frac{1}{r} \int_0^{2r} f(x) \cos\left(\frac{nx\pi}{l}\right) dx;$$

$$b_i = \frac{1}{r} \int_0^{2r} f(x) \sin\left(\frac{nx\pi}{l}\right) dx.$$

А функцию с периодом $2r$ можно записать в виде

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos\left(\frac{nx\pi}{l}\right) dx + b_n \sin\left(\frac{nx\pi}{l}\right) \right).$$

Разложим в ряд Фурье прямоугольный импульс. Эта функция определена в интервале $[0; 2r]$ следующим образом:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{r}{\sqrt{2}}, & 0 < x \leq r; \\ -\frac{r}{\sqrt{2}}, & r < x \leq 2r. \end{cases}$$

Поскольку данная функция нечетна, все коэффициенты $a_n = 0$.

Найдем коэффициенты b_n . Имеем право интегрировать на половине периода с удвоением полученного значения, так как площади, которые ограничивает функция под и над осью OX , равны

$$b_n = \frac{2}{r} \int_0^r \frac{r}{\sqrt{2}} \sin\left(\frac{nx\pi}{r}\right) dx = \left(-\frac{2}{r} \cdot \frac{r}{\sqrt{2}} \cdot \frac{r}{n\pi} \cdot \cos\left(\frac{nx\pi}{r}\right) \right)_{0, \dots, r}.$$

Так как $\cos(n\pi) = (-1)^2$, то, полагая последовательно $n=1, 2, 3, \dots$, найдем:

$$b_1 = \frac{r}{\sqrt{2}} \cdot \frac{4}{\pi}; \quad b_2 = 0; \quad b_3 = \frac{r}{\sqrt{2}} \cdot \frac{4}{3\pi}; \quad b_4 = 0; \quad b_5 = \frac{r}{\sqrt{2}} \cdot \frac{4}{5\pi}.$$

Таким образом,

$$f_{\text{пр}}(x) = \frac{r}{\sqrt{2}} \cdot \frac{4}{\pi} \cdot \left(\sin\left(\frac{\pi}{r}x\right) + \frac{1}{3} \sin\left(\frac{\pi}{r}3x\right) + \frac{1}{5} \sin\left(\frac{\pi}{r}5x\right) + \dots \right),$$

или в общей форме

$$f_{\text{пр}}(x) = \frac{r}{\sqrt{2}} \cdot \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin\left(\frac{xn\pi}{r}\right),$$

где n принимает только нечетные значения.

Итак, мы получили аналитическое выражение для функции прямоугольных импульсов.

Теперь найдем аналитическое выражение для функции пилообразных импульсов.

Эта функция определена в интервале $[-r; r]$ следующим образом:

$$f(x) = \begin{cases} -\sqrt{2} \cdot x - r\sqrt{2}, & -r \leq x < -\frac{r}{2}; \\ \sqrt{2} \cdot x, & -\frac{r}{2} \leq x \leq \frac{r}{2}; \\ -\frac{r}{\sqrt{2}}, & \frac{r}{2} \leq x < r. \end{cases}$$

Поскольку данная функция нечетна, все коэффициенты $a_n = 0$.

Найдем коэффициенты b_n . Имеем право интегрировать на половине периода с удвоением полученного значения, так как площади, которые ограничивает функция под и над осью OX , равны

$$b_n = \frac{2}{\pi} \left[\int_0^{r/2} \sqrt{2} \cdot x \sin\left(\frac{n\pi x}{r}\right) dx + \int_{r/2}^r (-\sqrt{2} \cdot x + r\sqrt{2}) \sin\left(\frac{n\pi x}{r}\right) dx \right];$$

$$b_n = \frac{1}{n} \cdot \frac{2 \cdot \sqrt{2} \cdot r^2}{\pi^2} \cdot (-1)^{n+1}.$$

Отсюда последовательно находим:

$$b_1 = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi^2} r^2; \quad b_2 = -\frac{1}{2} \cdot \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi^2} r^2.$$

Тогда функция будет представлена:

$$f_n(x) = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi^2} r^2 \sin\left(\frac{x\pi}{r}\right) - \frac{1}{2} \cdot \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi^2} r^2 \sin\left(\frac{2x\pi}{r}\right) +$$

$$+ \frac{1}{3} \cdot \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi^2} r^2 \sin\left(\frac{3x\pi}{r}\right) - \dots,$$

или

$$f_n(x) = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi^2} \cdot \frac{r^2}{n} \cdot (-1)^{n+1} \sum_{n=1}^{\infty} \sin\left(\frac{2n\pi}{r}\right).$$

Таким образом, мы представили исходные функции в виде суммы простых гармонических колебаний:

$$f_{\text{пр}}(x) = \frac{r}{\sqrt{2}} \cdot \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin\left(\frac{2n\pi}{r}\right),$$

где n принимает только нечетные значения, и

$$f_{\text{п}}(x) = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi^2} \cdot \frac{r^2}{n} \cdot (-1)^{n+1} \sum_{n=1}^{\infty} \sin\left(\frac{2n\pi}{r}\right).$$

В результате все временные процессы, происходящие в окружающем мире, наблюдатель будет воспринимать в виде различного рода излучений, носящих периодический характер.

11.2. ПРОСТРАНСТВЕННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВОЛНОВОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Воспользовавшись представлением о волновой природе времени, течение временных процессов можно представить в виде пилообразных импульсов (равносторонних треугольников).

При этом вектор перемещения объекта из точки A в точку C может быть представлен в виде комплексного числа

$$\vec{r} = r \cdot e^{j\varphi},$$

где r — модуль перемещения объекта (так как треугольники равнобедренные, $r = AB$); φ — фаза перемещения (имеет место вследствие остановки вращения пространства), $\varphi = 60^\circ$ (рис. 11.3).

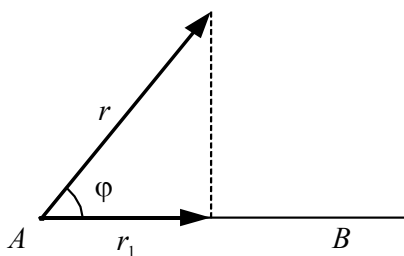


Рис. 11.3. Схема расчета

Движение объекта от точки A к B происходит в реальном пространстве. При остановке вращения пространства мы исключаем вероятность изменения фазы перемещения для совмещения r с AB . При этом нам необходимо рассматривать действительную часть перемещения:

$$\vec{r} = r e^{j\varphi} = r (\cos \varphi + j \sin \varphi);$$

$$\operatorname{Re} \left(\frac{\rho}{r} \right) = r \cos \varphi.$$

При $r = 1$, $\varphi = 60^\circ$

$$\operatorname{Re} \left(\frac{\rho}{r} \right) = 1 \cdot \cos 60^\circ = 0,5.$$

Аналогично можно представить скорость движения объекта:

$$\vec{V} = e^{j\varphi}.$$

При $V = 1$

$$\operatorname{Re} \left(\frac{\rho}{V} \right) = 0,5.$$

Но в реальных условиях, в действительности, объект движется со скоростью $V = 1$ и происходит перемещение $r = 1$. Следовательно, имеет место сложное движение объекта, в котором наряду с движением от точки A к B со скоростью $V = 1$ имеет место встречное движение со скоростью $V_1 = 0,5$.

Наличие встречной скорости будет вызывать эффект Доплера при приеме волн, что будет определять смещение частот принимаемых волн.

Движение объекта из точки A к точке B можно дифференцировать на перемещения разной длины (длительности). Каждому такому элементарному перемещению будет соответствовать пилообразный сигнал определенной частоты. При рассмотрении увеличения перемещения от нуля до AB частота изменится от бесконечности до некоторого нижнего значения. Кроме того, величина AB характеризует длительность распространения волнового фронта, а следовательно, и время излучения.

Таким образом, рассматриваемое перемещение AB характеризует спектр излучения и его интенсивность.

Теперь рассмотрим следующую пространственно-энергетическую модель тела, излучающего за счет своей внутренней энергии.

Излучающее тело (объект) находится в точке A . Величина AB характеризует затраты внутренней энергии тела на излучение. Причем увеличение нами размера AB на некоторую величину позволяет рассматривать тело как отдавшее большее количество внутренней энергии на излучение.

Считаем, что энергия каждой волны (треугольной пилы), излучаемой телом за определенный промежуток времени, характеризуется площадью, ограниченной пилообразным сигналом (рис. 11.4).

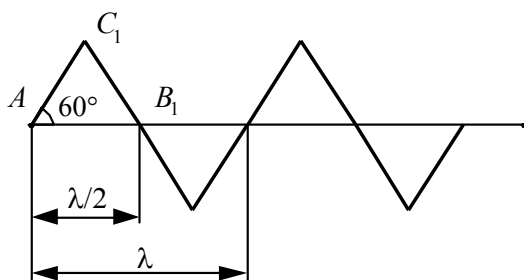


Рис. 11.4. Пилообразный сигнал

Площадь, ограниченная одним треугольником AB_1C_1 ,

$$S_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 60^\circ = \lambda^2 \frac{\sqrt{3}}{16}.$$

Площадь пилы

$$S = S_1 N,$$

где N — количество полуволн пилы.

Предположим (для упрощения), что зависимость между энергией волны и площадью пилы пропорциональна:

$$E = BS,$$

где $B = \text{const}$; $[B] = \text{Дж}/\text{м}^2$; E — энергия волны.

Согласно исследованиям Планка, энергия излучается порциями (квантами)

$$\varepsilon = \hbar\omega,$$

где \hbar — постоянная Планка:

$$\hbar = 1,054 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}.$$

Энергия пилообразного сигнала состоит из квантов

$$n\hbar\omega = BS,$$

где n — количество квантов энергии.

Очевидно, что энергия излученной волны не может быть больше энергии, затраченной на ее излучение. Из этого условия определяем количество квантов энергии в излученной волне:

$$n = \frac{S_2 B}{\hbar\omega},$$

где S_2 — максимальная площадь пины, ограниченная окружностью радиусом AB (рис. 11.4).

Так как кванту энергии соответствует определенная площадь пины, здесь мы имеем целое количество таких элементарных площадей пины, которые вмещаются в окружность радиусом AB , т.е. могут быть излучены.

Определим площадь, ограниченную окружностью и треугольником (рис. 11.5).

Функции прямых, проходящих через стороны треугольника:

1. Функция от точки x_1 :

$$f_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}(x - x_1); \quad x_1(\lambda) = \text{floor}\left(\frac{2A}{\lambda}\right)\frac{\lambda}{2}.$$

2. Функция от точки x_2 :

$$f_2 = -\frac{\sqrt{3}}{2}(x - x_2); \quad x_2(\lambda) = x_1(\lambda) + \frac{\lambda}{2}.$$

3. Функция окружности с центром в точке x_3 :

$$f_3 = \sqrt{A^2 - x^2}.$$

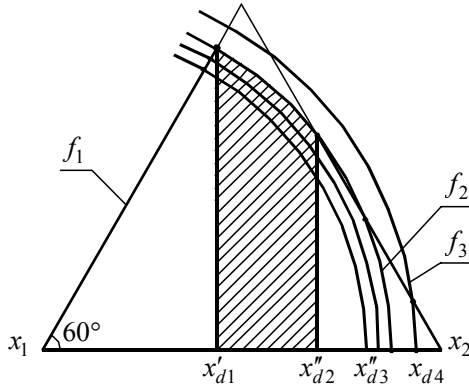


Рис. 11.5. Определение площади

Найдем точки пересечения функций f_1 с f_2 и f_2 с f_3 .

Пусть $f_1 = f_3$ и пусть $f_2 = f_3$, тогда

$$\frac{\sqrt{3}}{2}(x-x_1) = \sqrt{A^2-x^2}; \quad -\frac{\sqrt{3}}{2}(x-x_2) = \sqrt{A^2-x^2};$$

$$\frac{3}{4}(x^2-2x_1x+x_1^2) = A^2-x^2; \quad \frac{3}{4}(x^2-x_2^2) = A^2-x^2;$$

$$\frac{7}{4}x^2 - \frac{3}{4}x_1x + \left(\frac{3}{4}x_1^2 - A^2\right) = 0;$$

$$D_1 = \frac{9}{4}x_1^2 - 7\left(\frac{3}{4}x_1^2 - A^2\right); \quad D_2 = \frac{9}{4}x_2^2 - 7\left(\frac{3}{4}x_2^2 - A^2\right).$$

В результате найдем абсциссу точки пересечения окружности с прямыми:

1. f_1 с f_3 :

$$x'_{d1} = \frac{1}{3,5}\left(\frac{3}{2}x_2 + \sqrt{D_1}\right) \text{ и } x''_{d2} = \frac{1}{3,5}\left(\frac{3}{2}x_2 + \sqrt{D_1}\right).$$

2. f_2 с f_3 :

$$x''_{d3} = \frac{1}{3,5}\left(\frac{3}{2}x_2 + \sqrt{D_2}\right).$$

Таким образом, получаем значение функции S в зависимости от x .

Если $x'_{d1} \in (x_1; x_1 - \lambda/4)$, а $x''_{d2} \notin (x_2 - \lambda/4; x_2)$ и $x''_{d3} \notin (x_2 - \lambda/4; x_2)$ или $D = 0$, тогда

$$S = (x'_{d1} - x_1)^2 \frac{\sqrt{3}}{2} + \int_{x'_{d1}}^A \sqrt{A^2 - x^2} dx.$$

Если $x'_{d1} \in (x_1; x_1 - \lambda/4)$ и $x''_{d2} \in (x_2 - \lambda/4; x_2)$ и $x''_{d3} \in (x_2 - \lambda/4; x_2)$, тогда

$$S = (x'_{d1} - x_1)^2 \frac{\sqrt{3}}{2} + \int_{x''_{d3}}^A \sqrt{A^2 - x^2} dx + \int_{x'_{d1}}^{x''_{d2}} \sqrt{A^2 - x^2} dx + \\ + \frac{f_2 x''_{d2} + f_2 x''_{d3}}{2} (x''_{d3} + x''_{d2}).$$

Если $x'_{d1} \notin (x_1; x_1 - \lambda/4)$, тогда

$$S = \frac{\sqrt{3}}{16} \lambda^2 - (-x''_{d2} + x_2)^2 \frac{\sqrt{3}}{2} + \int_{x'_{d1}}^A \sqrt{A^2 - x^2} dx.$$

Рассмотрим излучение, находящееся в равновесии с веществом. Для этого представим себе эвакуированную полость, стенки которой поддерживаются при постоянной температуре T . В равновесном состоянии энергия излучения будет распределяться в объеме полости с определенной плотностью $U = U(T)$ (зависимость от температуры не рассматриваем).

Спектральное распределение этой энергии можно охарактеризовать функцией плотности энергии $U(w, T)$ [243].

Равновесное излучение в полости представляет собой систему стоячих волн. Число стоячих волн, приходящихся на единицу объема с учетом поляризации, частоты которых попадают в интервал от w до $w + dw$:

$$dn_w = \frac{w^2 dw}{\pi^2 c^2},$$

тогда

$$U(w, U) = Edw;$$
$$U(w, T) = E \frac{1}{\pi^2 c^2} w^2;$$
$$U(w) = \frac{n\eta\omega^3}{\pi^2 c^2} = \frac{8\pi\eta n}{\lambda^3}.$$

Как видно, форма полученной кривой (рис. 11.6) совпадает с формой кривой Планка. Следовательно, данное тело при своем движении будет излучать спектр волн, который будет воспринимать наблюдатель. Таким образом, можно сделать вывод о том, что данная модель полностью доказывается классическими представлениями о волновой природе физических явлений.

Как известно из теории эффекта Доплера, частота, которую будет воспринимать наблюдатель, будет равна

$$f \approx f_{\text{изл}} \pm \Delta f.$$

Отсюда можно выразить изменение частоты, которую будет воспринимать наблюдатель, от ее действительного значения:

$$\Delta f = f_{\text{изл}} \frac{2v}{c} \cos \theta,$$

где v — скорость движения объекта; θ — угол между направлением движением объекта и направлением на наблюдателя; c — скорость света. Из формулы можно сделать следующие выводы:

1. В случае равномерного движения объекта наблюдатель в любой момент времени будет наблюдать постоянный во времени, но смещенный относительно своего действительного значения спектр сигналов (частот).
2. В случае неравномерного движения этот спектр будет смещаться либо влево, либо вправо в зависимости от скорости объекта в данный момент времени и направления движения относительно наблюдателя.
3. В случае движения в направлении, перпендикулярном к направлению движения наблюдателя, он будет воспринимать реальный спектр частот.
4. Спектр излучаемых частот зависит только от параметров объекта.

5. Спектр воспринимаемых частот зависит от параметров объекта, характера его движения и точки наблюдения.
6. Вследствие периодичности движения объекта и наблюдателя смещение спектра частот также будет периодическим.
7. Вследствие движения объекта наблюдатель будет воспринимать спектр частот, соответствующий параметрам объекта в данный момент времени.

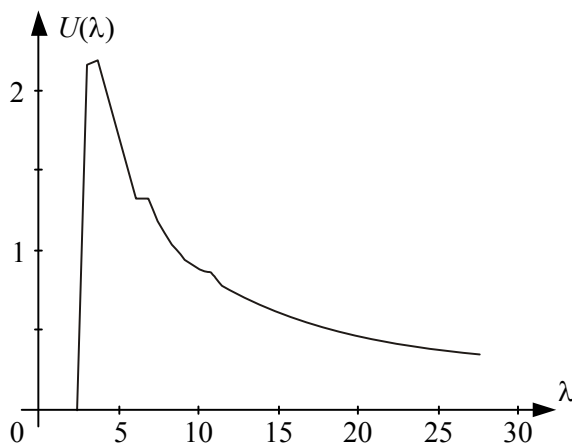


Рис. 11.6. Интерпретация кривой Планка

По нашему мнению, предложения и выводы согласуются с общепризнанными [244, с.112–122].

Если излучение находится в термодинамическом равновесии с веществом, то в этом состоянии каждое колебание имеет среднюю энергию θ .

При вычислении совершенно безразлично, что именно колеблется — вещество или поле. Средняя энергия на единицу частоты равна (закон Рэля–Джинса)

$$\frac{8\pi V}{c^3} \nu^2 \theta.$$

Но частота колебаний ничем не ограничена сверху. Следовательно, присутствуют и сколь угодно высокие частоты, которым отвечает сколь угодно большая энергия. Результат, очевидно, аб-

сурдный, так как на самом деле равновесная энергия поля конечна и пропорциональна четвертой степени температуры.

С разрешения этого парадокса и началась квантовая теория.

В 1900 году Планк предположил, что средняя энергия одного колебания не должна равняться θ . Нужно, чтобы колебания с высокими частотами имели очень малую энергию. Тогда их вклад в общую энергию будет прогрессивно уменьшаться с возрастанием частоты, и в сумме по частотам общая энергия окажется конечной. Так будет, например, в том случае, если истинная энергия меняется не в непрерывной последовательности от 0 до ∞ , а пробегает только значения, кратные одной и той же величине $\hbar\nu$:

$$0, \hbar\nu, 2\hbar\nu, 3\hbar\nu \text{ и т.д.}$$

С помощью этого ряда значений энергии надо найти среднюю энергию при температуре θ . Но почему появился целочисленный ряд энергий? Во времена Планка это было просто допущение. В настоящее время известно, что целочисленность энергии связана с гармоническим законом колебаний электромагнитного поля, которые происходят по тому же закону, как качание маятника с малым угловым размахом. Но таков вывод современной квантовой механики с ее специфическими законами движения. Планк же просто допустил, что энергия колебания кратна величине $\hbar\nu$, и отсюда получил формулу, прекрасно согласующуюся с опытом. Но тем самым была подтверждена его гипотеза, и начала развиваться последовательная квантовая теория.

Согласно распределению Больцмана, вероятность некоторой энергии $k \cdot \hbar\nu$ (здесь k — целое) есть

$$q_k = A e^{-k \frac{\hbar\nu}{\theta}}.$$

Постоянную A надо найти из условия, что сумма всех вероятностей равна 1:

$$\sum_{k=0}^{\infty} q_k = A \sum_{k=0}^{\infty} e^{-k \frac{\hbar\nu}{\theta}} = A \sum_{k=0}^{\infty} \left(e^{-\hbar\nu/\theta} \right)^k = 1.$$

Но сюда входит сумма бесконечной геометрической прогрессии со знаменателем $e^{-\hbar\nu/\theta}$. Такая сумма равна $1/(1 - e^{-\hbar\nu/\theta})$. Поэтому

$$\frac{A}{1 - e^{-\hbar\nu/\theta}} = 1 \Rightarrow A = 1 - e^{-\hbar\nu/\theta}.$$

Чтобы найти среднюю энергию, надо умножить некоторое значение энергии $k \cdot \hbar\nu$ на q_k и просуммировать по всем k . Назовем это среднее ε_ν . Тогда имеем:

$$\varepsilon_\nu = \left(1 - e^{-\hbar\nu/\theta}\right) \sum_{k=0}^{\infty} k \hbar\nu e^{-k \frac{\hbar\nu}{\theta}}.$$

Получившаяся сумма немного сложнее геометрической прогрессии, но тоже легко вычисляется, и это дает

$$\varepsilon_\nu = \frac{\hbar\nu}{e^{-\hbar\nu/\theta} - 1}.$$

Умножая на число колебаний, приходящихся на единицу частоты, получаем формулу Планка для средней энергии поля на тот же интервал частот:

$$E_\nu = \frac{8\pi V \hbar\nu^3}{c^3 (e^{\hbar\nu/\theta} - 1)}.$$

Если полагать $V = 1$, то в левой части будет стоять энергия, приходящаяся на единицу объема, т.е. плотность энергии. При очень больших частотах $e^{\hbar\nu/\theta}$ гораздо быстрее, чем ν^3 в числителе, так что энергия соответствующего излучения стремится к нулю. Таким образом, исчезает основная трудность, заключенная в законе Рэлея–Джинса. Разумеется, целочисленность значений энергии колебаний никак не укладывается в рамки ньютоновской механики. Поэтому из гипотезы Планка развилась впоследствии новая квантовая механика.

Рассмотрим теперь некоторые следствия из формулы Планка. Запишем ее в таком виде:

$$E_\nu = \frac{8\pi V \nu^3}{\hbar^2 c^3} \left[\frac{(\hbar\nu/\theta)^3}{e^{\hbar\nu/\theta} - 1} \right].$$

Величина, заключенная в квадратные скобки, зависит только от отношения $\hbar\nu/\theta$. Обозначим это безразмерное отношение буквой x . Энергия E_ν пропорциональна функции $T_\nu(x)$, график которой

построен на рис. 11.7. При целых значениях x знаменатель, как мы видели, пропорционален x , так что функция идет как x^2 (это соответствует закону Рэля–Джинса). При больших x преобладает e^x . Например, при $x = 10$ имеем $e^x = 20\,000$ и т.д. Отсюда ясно, что при каком-то значении x функция имеет максимум. Вычисление показывает, что он расположен при $x = 2,93$. Соответствующую частоту назовем ν_m . Получаем

$$\hbar\nu_m/\theta = 2,93,$$

или

$$\nu_m = \frac{2,936}{\hbar}.$$

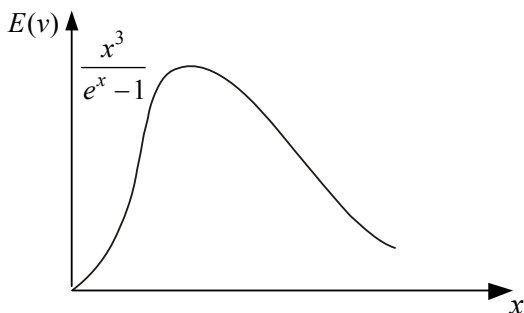


Рис. 11.7. Энергия $E(\nu)$ пропорциональна функции от x

Иными словами, частота, на которую приходится максимальная энергия в спектре равновесного излучения, пропорциональна абсолютной температуре (закон Вина).

Например, при комнатной температуре $\nu_m = 2 \cdot 10^{13}$, что соответствует длине волны $1,5 \cdot 10^{-3}$ см. Такое излучение принадлежит к далекой инфракрасной области и не воспринимается глазом. Излучение от тела, нагретого до $200\text{--}400^\circ$, или $500\text{--}700^\circ$ абсолютных, тоже еще находится в инфракрасной области, т.е. незаметно глазу, но действует на осязание и ощущается как тепло. Поэтому инфракрасное излучение часто называют тепловым. При темпера-

туре поверхности Солнца (5700 К) максимум излучения приходится на видимый свет. Слово «видимый» указывает, что при соответствующих частотах лежит максимум чувствительности человеческого глаза. Чистая атмосфера прозрачна для этих частот (солнечный свет, проходя сквозь нее, ослабляется в ней только в два раза). Более низкие инфракрасные и более высокие ультрафиолетовые частоты поглощаются в воздухе очень сильно. Их воспринимают живые существа, которым по образу жизни не нужно далеко видеть.

При температуре в 10^6 – 10^7 К максимум перемещается в область мягких рентгеновских лучей и т.д. На рис. 11.8 построены планковские кривые в зависимости от частоты, а не от вспомогательной величины x .

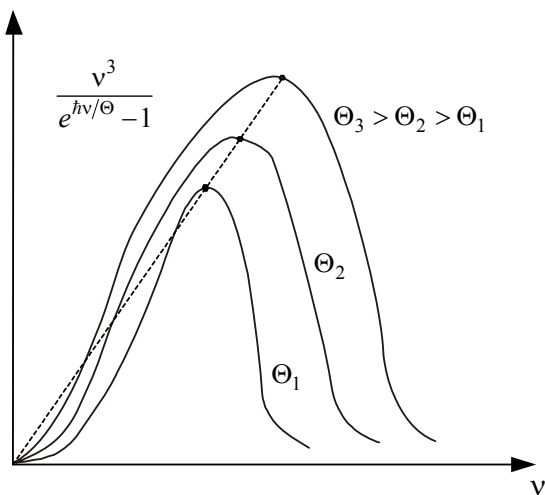


Рис. 11.8. Планковские кривые в зависимости от частоты

Видно, что максимумы всех кривых лежат на прямой $\nu = 2,93 \cdot \theta/h$. При любой частоте кривая, отвечающая более высокой температуре, лежит выше. Тело с температурой 10^6 К и в видимой области спектра светит ярче Солнца [244, с.121].

Распределение энергии в спектре накаливаемого светящегося тела может служить критерием его «черноты», т.е. близости излучения к равновесному. Например, непрерывный спектр Солнца весьма

близок к планковской кривой, если не говорить об отдельных более темных линиях, которые вырезаются из сплошного спектра в наружных поглощающих слоях. Поэтому есть основания считать излучающий слой Солнца абсолютно черным. Было открыто межгалактическое излучение, отвечающее температуре 3°K . Его распределение в той области спектра, где нет поглощения темной пылевой материей, согласуется с формулой Планка. Следовательно, это излучение имеет тепловую природу. Характер излучения хорошо соответствует современным космологическим воззрениям о расширяющейся Вселенной. Это излучение испущено тогда, когда Вселенная была плотной и горячей. Тогда оно, разумеется, тоже было горячим, но затем вследствие адиабатического расширения остыло. Но излучение — то же самое, и мы видим в его лучах очень раннюю стадию развития Вселенной.

Открытие 3° -го излучения — новый триумф фридмановской космологии, после того как Хаббл в конце 20-х годов XX века открыл разбегание отдаленных галактик в пространстве, тоже предсказанное Фридманом. В результате выполнения работы было обнаружено, что восприятие объектом спектра сигнала приводит к возникновению эффекта Доплера из-за наличия встречной скорости излучения и наблюдателя, сложного движения объекта. Хотелось бы представить данный эффект математическим аппаратом с использованием теории и формул Эйлера, чтобы получить экспоненциальные кривые излучения и/или смещения спектра излучаемых частот, соответствующих кривым Планка. На наш взгляд, возможно получить кривую Планка, исходя из горизонтальной составляющей скорости вида $V_x = A \cos(\omega t + \varphi)$ самого наблюдателя и скорости движения волны излучения за счет эффекта Доплера.

11.3. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОВЕСНЫХ ТОЧЕК

При рассмотрении процесса движения объекта в пространстве относительно наблюдателя предположим, что в некоторый начальный момент времени наблюдатель находится в точке C , а наблюдаемый объект начал движение из точки A по направлению оси OX (см. рис. 11.1). Тогда в момент начала движения объекта из

точки A начнется распространение волны, фронт которой можно представить в виде окружности с центром в точке A .

За некоторый промежуток времени Δt движущийся объект переместится в точку B , пройдя путь Δs . Если допустить, что объект продолжил свое движение из точки B дальше вдоль оси OX , то можно сказать, что через время Δt от начала движения объекта из точки B начнет распространяться еще одна волна, имеющая фронт в виде окружности с центром в точке B . Обозначим через r радиус полученных окружностей, в результате r содержит информацию о пройденном расстоянии и соответственно о времени, которое потратил объект на прохождение этого расстояния.

Опираясь на условие равномерности течения времени и его оценки наблюдателем, течение равновесных процессов позволяет выделить равновесные точки, образованные пересечением окружностей с равными радиусами r , которые располагаются симметрично относительно оси OX .

Представляет интерес распределение равновесных точек в пространстве при их неограниченном возрастании. Поэтому предпринимается попытка создать систему точек с использованием ЭВМ.

Рассмотрим процесс движения объекта из точки 0 вдоль оси OX . В случае трех перемещений (рис. 11.9) мы получаем пересечения окружностей радиусом r и $2r$, т.е. наблюдатель, чтобы видеть процесс перемещения объекта, может оказаться в трех точках пересечения окружностей радиусом r или двух точках радиусом $2r$.

Так как распространение волны идет симметрично оси OX , то количество точек удваивается.

Реализуя идею, можно сделать предположение, что при увеличении числа перемещений объекта и изменении положений наблюдателя, мы сможем получить карту упорядоченного расположения точек. Чтобы проверить эту идею, была создана компьютерная программа, обчисляющая перемещения объекта и точек пересечения окружностей радиусом $R = rk$, где $k = 1, \dots, n$ — число перемещений объекта относительно точки отсчета.

Программа показала, что при увеличении числа точек наблюдателя получается фигура, вид которой напоминает трезубец относительно оси OX , с наибольшим удалением точек в центре и по краям. При

этом точки, находящиеся в центре между вершинами трезубца и осью OX , постепенно сближаются, что видно на рис. 11.10, на котором для наглядности выведены только точки пересечения окружностей.

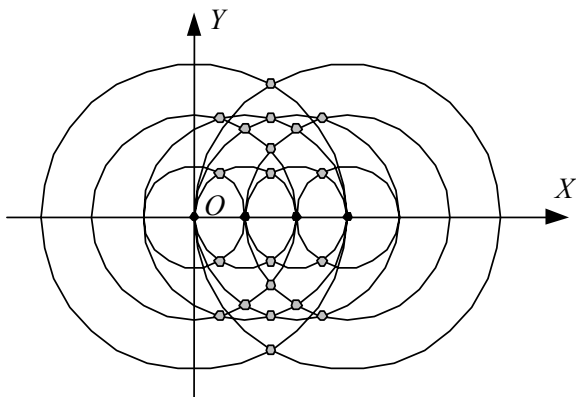


Рис. 11.9. Система равновесных точек

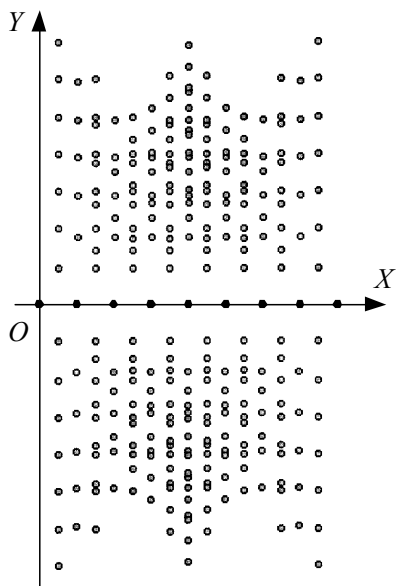


Рис. 11.10. Упорядоченное расположение точек

При дальнейшем увеличении числа точек перемещений объекта можно сделать наблюдение, что точки нахождения наблюдателя относительно оси Y всегда фиксированы и определяются половиной радиуса r , но с разной кратностью, что также видно на рис. 11.10.

Для вычисления точек пересечения окружностей можно воспользоваться теоремой Пифагора о «сумме квадратов катетов». Таким образом, координата Y для точки пересечения двух окружностей определяется как

$$y = \sqrt{(kr)^2 + x^2},$$

где k — кратность радиуса текущей окружности; x — точка пересечения двух окружностей, равная $0,5(x_1 - x_2)$, где x_1 и x_2 — центры пересекающихся окружностей радиусом R .

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что карта ожидаемого упорядоченного расположения точек не удовлетворяет ожидаемому результату, что может быть объяснено некорректной постановкой задачи, которая требует более тщательного подхода и исследования. Тем не менее мы предполагаем, что корректная постановка задачи о распределении равновесных точек должна привести к модели звездного неба.

11.4. ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ЧИСЛЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ

Закон распределения был получен в 1860 году английским физиком-теоретиком Джеймсом Кларком Максвеллом для скоростей газовых молекул.

Предположим, что какое-либо n количество наблюдателей, находящихся в принятом начале инерционной системы координат, измеряют расстояние x . Для измерения времени используется тот же масштаб — расстояние (т.е. принимается равенство $t = x$). Результат по скорости получается в виде $V = x/t = 1$, так как принято $t = x$. Но по времени концы векторов скорости будут находиться на окружности одновременности. Эти вектора будут различаться только на величину проекции.

Допустим, что скорость наблюдателей может принимать любые значения. Тогда, принимая приращение скорости за dV , ставим задачу нахождения плотности распределения вероятности того, что скорость одного или нескольких наблюдателей окажется в диапазоне $[V; V + dV]$.

Если взять одного наблюдателя, то вероятность нахождения его скорости в указанном интервале будет по определению равна

$$dn/n = d\omega(V),$$

где $d\omega(V)$ — функция распределения вероятностей случайных скоростей. Или $d\omega(V) = g(V)$, где $g(V)$ — плотность распределения вероятности различных скоростей наблюдателей.

В силу предположения о инерциальности системы отсчета центр выбранной системы отсчета остается неподвижным. Отсюда средняя скорость движения наблюдателей во всех направлениях одинакова (а значит, одинакова и в любом направлении, произвольно принятом за ось координат). Следовательно, среднее значение проекций скорости на выбранную ось равно нулю: $\bar{V}_r = 0$, где \bar{V}_r — тривектор проекций скорости на все оси псевдоевклидовой системы координат.

Следовательно, движение в любом направлении любой оси происходит одинаково часто с одинаковыми средними скоростями. Отклонение проекций скорости от среднего значения также является случайной нормально распределенной величиной и может иметь любой знак:

$$d\omega(\bar{V}_r) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{V_r^2}{2\sigma^2}} dV_r,$$

причем векторная величина

$$\sigma = \begin{pmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sigma \\ \sigma \\ \sigma \end{pmatrix}$$

в силу равнозначности всех координатных осей, входящих в множество r .

Вероятность определенной проекции скорости наблюдателя на любую ось $r_i \in r$ распределена нормально. Найдем вероятность модуля скорости данного наблюдателя. Для этого нужно выполнение условия определенности значений всех проекций скорости, удовлетворяющих условию

$$\sum_{i=1}^3 V_{ri}^2 = V^2.$$

Отсюда имеем

$$d\omega(V_r) = \prod_{i=1}^3 d\omega_i(V_{ri}) = \frac{1}{\sigma^3 2\pi^{3/2}} e^{-\frac{V^2}{2\sigma^2}} dV_r.$$

Полученное распределение дает вероятность того, что наблюдатель имеет скорость, заключенную поэлементно в интервале для всех компонентов вектора скорости в псевдоевклидовом пространстве, т.е. заключенную внутри элемента объема фазового пространства (рис. 11.11).

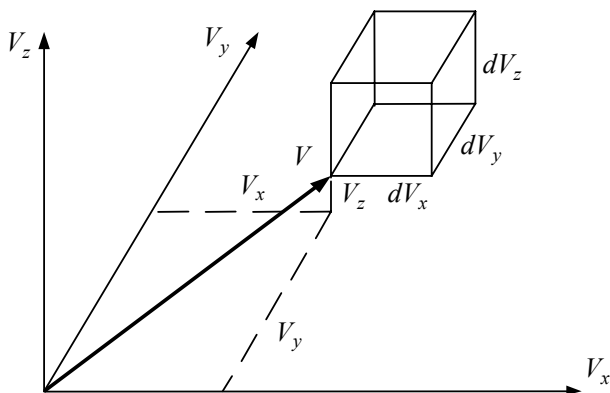


Рис. 11.11. Элемент фазового пространства

Если пренебречь ненужным направлением скорости и учитывать только вероятность модуля скорости наблюдателя, то необходимо использовать элемент фазового пространства, внутри которого находятся концы векторов скорости, модули которых заключены в интервале V и $V + dV$, а направления этих векторов

$$dV(v) = 4\pi v^2 dv.$$

Подставив последнее выражение элемента объема фазового пространства в выражение для распределения, получим

$$d\omega(V) = \frac{4\pi V^2}{\sigma^3 (2\pi)^{3/2}} e^{-\frac{V^2}{2\sigma^2}} dV.$$

Аналогично, вводя фазовое пространство ускорений, рассматриваем элемент объема фазового пространства, внутри которого лежат концы всех векторов ускорений, модули которых заключены в интервале $[a; a + da]$, а направления этих векторов — $da(a) = 4\pi a^2 da$. Тогда имеем распределение вероятности ускорения

$$dg(a) = \frac{1}{(2\pi)^{3/2} \sigma^3} e^{-\frac{a^2}{2\sigma^2}} 4\pi a^2 da.$$

Это и есть закон Максвелла. График плотности $g(a)$ максвелловского распределения функции ускорения при определенном значении a имеет вид (рис. 11.12).

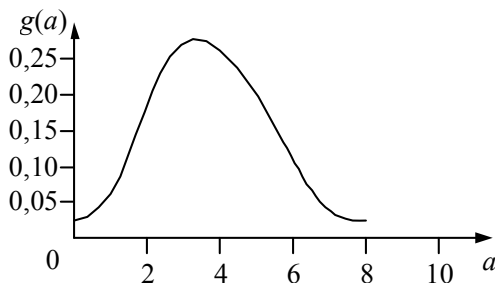


Рис. 11.12. Плотность максвелловского распределения функции ускорения

Проанализировав вид кривой Максвелла, приходим к выводу о существовании ускорения, вероятность которого наибольшая.

Экстремальное значение наивероятнейшего ускорения найдем из уравнения

$$\left. \frac{\partial g(a)}{\partial a} \right|_{a=a_0} = \frac{4\pi}{\sigma^3 (2\pi)^{3/2}} \left(2a - \frac{2a^3}{2\sigma^2} \right) e^{\frac{a^2}{2\sigma^2}} = 0.$$

Уравнение разрешимо, если

$$2a - \frac{2a^3}{2\sigma^2} = 0.$$

Отсюда наивероятнейшее ускорение:

$$a_0^2 = 2\sigma^2 \Rightarrow a_0 = \sqrt{2}\sigma.$$

Величина σ устанавливается для каждого конкретного случая, исходя из физических свойств объекта.

11.5. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УСКОРЕНИЯ В СИСТЕМЕ ОТСЧЕТА ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ

Итак, в выбранной системе отсчета для наблюдателя распределение ускорения имеет вид кривой, соответствующей распределению Максвелла. Насколько подобное утверждение соответствует действительности? Обратимся к известным научным данным и рассмотрим характер распределения ускорения свободного падения « g » на различных расстояниях от центра Земли. В общем виде формула для силы тяжести, действующей на любой глубине H под Землей, может быть получена из следующих рассуждений [245]. Точка, расположенная на глубине H , испытывает притяжение лишь со стороны внутренних слоев земли. Ускорение силы тяжести равно:

$$g = r \cdot \frac{M}{R^2},$$

но M и R — это масса и радиус не всей Земли, а ее «внутренней» по отношению к этой точке части.

Если бы Земля имела одинаковую плотность во всех слоях, то формула для « g » приняла бы вид

$$g = r \cdot \frac{e \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (R_3 - H)^3}{(R_3 - H)^2} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r \cdot e \cdot (R_3 - H),$$

где e — плотность, R_3 — радиус Земли.

Это значит, что g менялось бы прямо пропорционально $(R_3 - H)$: чем больше глубина H , тем меньше было бы g . График распределения g на различных расстояниях от центра Земли показан на рис. 11.13.

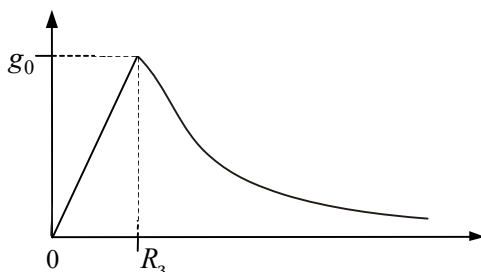


Рис. 11.13. Распределение ускорения свободного падения на различных расстояниях от центра Земли: последняя принята за однородный шар

На самом деле поведение g вблизи земной поверхности можно проследить до глубины 5 км (ниже уровня моря). На большей глубине поведение g не подчиняется этому закону.

Таблица 11.1

Значение g на различных глубинах Земли (теоретическое)

H , км	33	100	200	500	1000	2000	4000	5000
g , м/с ²	9,85	9,89	9,92	9,99	9,95	9,86	8,00	6,13

Принимая центр Земли за начало отсчета системы, из табл. 11.1 получим график распределения g (рис. 11.14).

Опыт показывает, что g , наоборот, растет с глубиной. Расхождение опыта с расчетами объясняется тем, что не было учтено различие плотности на разных глубинах [245].

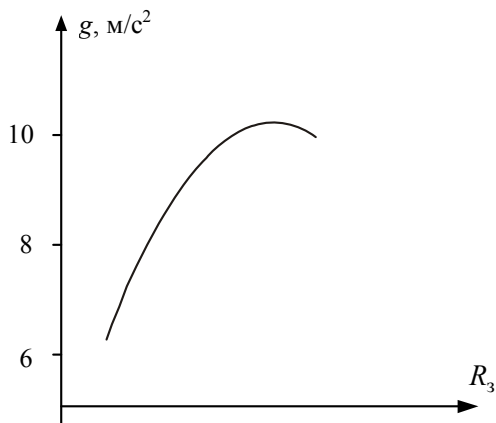


Рис. 11.14. График распределения g от центра Земли

Но нами показано, что теоретическая кривая распределения ускорения в выбранной системе отсчета имеет вид (рис. 11.15).

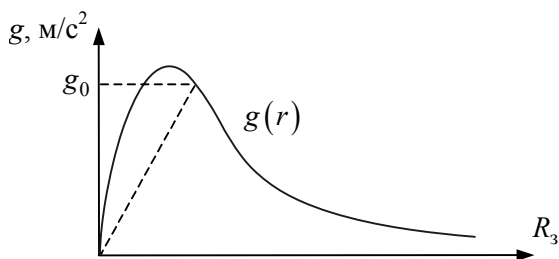


Рис. 11.15. Теоретическая кривая распределения ускорения в выбранной системе отсчета

Сравнивая кривые на рис. 11.13 и 11.15, замечаем, что имеется принципиальное различие в характере распределения ускорения, особенно в левой части кривой. Опытные данные табл. 11.1 и графика рис. 11.14 показывают, что распределение ускорения в большой степени соответствует теоретической кривой (рис. 11.15). Поэтому можно считать, что теоретическая кривая распределения ускорения (рис. 11.15) в большей мере соответствует истине.

Доказательством правильности излагаемых взглядов, кроме изложенных выше, может служить зависимость изменения ускорения в недрах Солнца (рис. 11.16) [115].

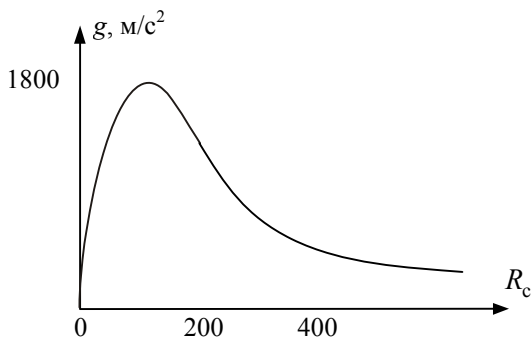


Рис. 11.16. Изменение ускорения g в недрах Солнца

Из рис. 11.14, 11.15 и 11.16 видно, что кривые, представленные на них, имеют одинаковый характер распределения ускорения, отличающийся от кривой на рис. 11.13.

А раз так, то с неизбежностью должен следовать возможно несколько неожиданный вывод:

- 1) кривая (рис. 11.13) не соответствует данным табл. 11.1 не потому, что не учитывалось различие плотности на различных глубинах, а потому, и это принципиально, что ускорение изменяется по закону представленной кривой (рис. 11.15);
- 2) плотность пород изменяется с глубиной, потому что именно так меняется ускорение; плотность есть функция ускорения $e(g)$.

ГЛАВА 12

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЛНОВОЙ ПАРАДИГМЫ ВРЕМЕНИ

12.1. АНТИВЕЩЕСТВО (АНТИПРОСТРАНСТВО, АНТИВРЕМЯ)

В соответствии с пространственно-временным представлением (рис. 12.1) мир в целом должен отображаться как мир и антимир, материя и антиматерия, частица и античастица, вещество и антивещество. Возможно, целесообразно использовать термин пространственно-временной дуализм. Антивещество — это материя, построенная из античастиц.

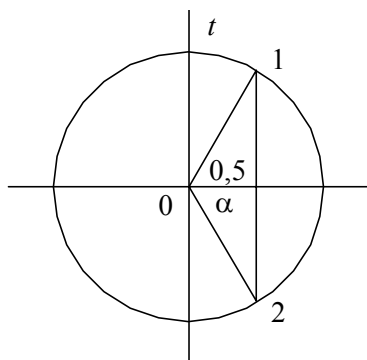


Рис. 12.1. Пространственно-временное представление мира

Существование античастиц предсказано Дираком в 1930 году. У релятивистского электрона должен быть двойник с такой же

массой и положительным электрическим зарядом. Подтверждением теории Дирака явилось обнаружение К. Андерсоном в космических лучах позитрона (антиэлектрона). В настоящее время известно множество частиц и соответствующие им античастицы. Если точки 1 и 2 равнозначны и отличаются только знаком, то они должны представлять частицы и античастицы, имеющие одинаковую массу, время жизни, спин, но отличаться знаком зарядов: электрического, барионного (протон), лептонного (лептон) и т.д.

Это подтверждается экспериментальными данными и не противоречит принципам квантовой теории поля.

Такое пространственно-временное представление возможно, потому что наблюдатель не может попасть одновременно в точки 1, 2, а тем более разделиться (раздвоиться) на две части.

Поэтому пространственно-временной мир существует в постоянных переходах от сплошных процессов к дискретным. В общем виде это различного рода излучения. Относительно частиц и античастиц можно говорить об аннигиляции при их столкновении. Тем более что процесс аннигиляции все чаще используется как один из самых совершенных методов исследования микромира.

Операция замены частиц на античастицы — зарядовое сопряжение. Так как нейтральные частицы тождественны своим античастицам, то при операции зарядового сопряжения они переходят сами в себя. Истинно нейтральные частицы характеризуются особым квантовым числом, которое называется зарядовой четностью и показывает, как ведет себя волновая функция такой частицы при зарядовом сопряжении. Зарядовая четность положительна (π^0 -мезон, η -мезон). Это означает, что волновая функция этих частиц не меняется при зарядовом сопряжении. Но есть истинно нейтральные частицы, у которых зарядовая четность отрицательна, т.е. их волновая функция при соответствующей операции меняет знак. Примером такой частицы является фотон — квант электромагнитного поля.

В сильных и электромагнитных взаимодействиях имеется полная симметрия между частицами и античастицами: если возможен какой-то процесс с частицами, то возможен и имеет те же характеристики аналогичный процесс с соответствующими античастицами. Это означает, что в таких взаимодействиях не меняется зарядо-

вая четность истинно нейтральной частицы. Поэтому, например π^0 -мезоны с положительной заряженной четностью распадаются электромагнитным образом на два фотона (у каждого из которых отрицательная зарядовая четность) и не могут распадаться на три фотона. Считается, что свидетельством присутствия антивещества во Вселенной было бы мощное аннигиляционное излучение, приходящее из областей соприкосновения вещества и антивещества.

На ранней стадии развития Вселенной при очень больших температурах, $\approx 10^{13}$ К, количество частиц и античастиц почти совпадало. При остывании Вселенной все частицы и античастицы проаннигилировали, породив в конечном итоге фотоны, а из ничтожного в прошлом избытка частиц возникло все, что нас теперь окружает. Аннигиляционные фотоны, постепенно охлаждаясь, дожили до наших дней в виде реликтового излучения. Отношение современной плотности протонов к плотности реликтовых протонов ($\approx 10^{-9}$) говорит о величине избытка частиц над античастицами в прошлом. Одна из гипотез предполагает, что в начальном состоянии число частиц и античастиц совпадало, но затем из-за особенностей в динамике их взаимодействия возникла асимметрия.

12.2. ВОЛНОВАЯ ФУНКЦИЯ

Поскольку окружающий пространственно-временной мир — это различного рода излучения, существующие в постоянных переходах от сложных процессов к дискретным, то точки 1 и 2 (рис. 12.1) могут рассматриваться как A^K — частицы и античастицы.

Такая система устойчива [246, с.100], так как точки 1 и 2 лежат на единичной окружности. Если точка 1 — λ_1 , а точка 2 — λ_2 , и найти решение в комплексно-сопряженной форме в виде

$$\lambda_{1,2} = e^{\pm i\alpha}, \quad (12.1)$$

то точки 1 и 2 можно рассматривать как микрообъекты.

Сопоставляемые с микрообъектами волны часто называют волнами вероятности [247, с.87]. Эти волны нельзя рассматривать как распределенное в пространстве поле, подобное электромагнитному или другим полям. Такие поля описываются комплексными функ-

циями. Напомним, что число вида $a = p + iq$, где p и q — вещественные числа, а i — мнимая единица, определяемая как $i^2 = -1$, есть комплексное число. Для каждого комплексного числа a существует комплексно-сопряженное число $a^* = p - iq$, причем

$$aa^* = (p + iq)(p - iq) = p^2 - q^2. \quad (12.2)$$

Комплексные числа графически изображаются точками в «комплексной плоскости» (рис. 12.2).

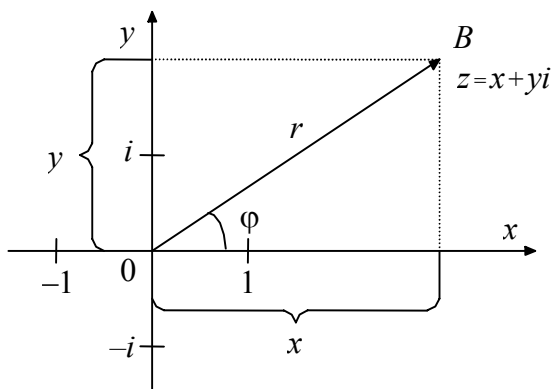


Рис. 12.2. Представление комплексных чисел

Тогда любое комплексное число

$$(x + iy) = r(\cos \varphi + i \sin \varphi), \quad (12.3)$$

так как $x = r \cos \varphi$, $y = r \sin \varphi$.

Используя выражение (12.3), перемножаем комплексные числа.

В частности,

$$a \cdot a = a^2 = r^2 (\cos 2\varphi + i \sin 2\varphi),$$

где $r = |a|$ — модуль комплексного числа, равный $\sqrt{x^2 + y^2}$.

Можно записать:

$$a \cdot a^* = |a|^2, \quad (12.4)$$

т.е. квадрат модуля комплексного числа есть число вещественное.

Формула Эйлера позволяет представить комплексное число в показательном виде:

$$e^{i\varphi} = \cos \varphi + i \sin \varphi, \text{ или } a = r e^{i\varphi}, \quad (12.5)$$

где r — модуль комплексного числа.

Сравнивая выражения (12.1) и (12.5), приходим к выводу, что физико-математический формализм макро- и микромира представляет собой пространственно-временное отражение мира наблюдателем.

Это представление позволило создать математический образ — волновую функцию Ψ , в которой сочетаются корпускулярные свойства частиц и волновой характер движения. Вероятностная интерпретация волновой функции логически согласована и внутренне не противоречива. Поэтому состояние микрочастиц полностью описывается волновой функцией $\Psi(\vec{r}, t)$. Физический смысл волновой функции состоит в том, что квадрат модуля волновой функции $\Psi(\vec{r}, t)$ представляет собой плотность вероятности обнаружить микрочастицу в данной точке пространства и в данный момент времени.

$$\rho(\vec{r}, t) = |\Psi(\vec{r}, t)|^2.$$

Это значит, что вероятность ΔW обнаружить микрочастицу в окрестности данной точки в элементе объема ΔV в данный момент времени выражается формулой

$$\Delta W = |\Psi(\vec{r}, t)|^2 \cdot \Delta V,$$

согласно условию нормировки

$$\sum_{\Delta V} \Delta W = \sum_{\Delta V} |\Psi(\vec{r}, t)|^2 \cdot \Delta V = 1.$$

То есть вероятность обнаружить частицу в любом месте равна единице; микрочастица где-нибудь находится обязательно, раз уж она существует.

Следует помнить, что в классической механике состояние движения материальной точки в некоторый момент времени задается ее положением и скоростью \vec{V} или импульсом $\vec{P} = m\vec{V}$. В квантовой механике состояние движения частицы задается волновой функцией.

Возвращаясь к рис. 12.1, можно утверждать, что при отражении пространства-времени наблюдателем (сознанием) система отсчета времени должна иметь вполне конкретные параметры. И если такая система имеется, точки 1 и 2 должны рассматриваться как частицы, появившиеся из ниоткуда, и природа их описывается квантовой механикой.

Сами же волны времени представляют поле информации. Суть информации сегодня обсуждают многие (Э.В. Евреинов, В.И. Астафьев, В.П. Казначеев) и даже существует Международный Форум Информатизации (МФИ), организованный Международной Академией Информатизации под эгидой ООН [248, с.136].

12.3. ИНФОРМАЦИЯ И СОЗНАНИЕ

Говоря об информационной картине мира и ее влиянии на человека, В.И. Астафьев отметил, что все процессы во Вселенной пронизаны информацией и подчинены двум фундаментальным законам: гомеостаза и блочного принципа строения всех процессов управления (от клетки до социума). Гомеостаз — относительное динамическое постоянство состава и свойства внутренней среды и устойчивость физиологических функций организма [249, с.324].

Человеческий организм представляет собой приемник и анализатор различных информационных потоков окружающего мира, и сам человек является носителем информации [250, с.42–53].

Несмотря на то что информация рассматривается как первичное понятие, не подлежащее определению, что же это такое — информация. Так, доктор технических наук, профессор В.Н. Волченко пишет в своей работе [251, с.4]: «Содержательно — это структурно-смысловое разнообразие мира, метрически — это мера данного разнообразия, реализуемая в проявленном, непроявленном и отображенном виде». Доктор технических наук, профессор Г.Н. Дульнев в статье «Информация — фундаментальная сущность природы» [252, с.65] приводит несколько расширенное определение информации, предложенное Эшби. Он считает, что информация есть мера изменения во времени и пространстве структурного разнообразия систем. А доктор технических наук А.А. Силин в своих работах утверждает, что информация — такая

же фундаментальная сущность бытия, как пространство-время и энергия [253, с.9].

Совершенно очевидно: информация — это универсальное свойство предметов, явлений, процессов, заключающееся в способности воспринимать внутреннее состояние и воздействие окружающей среды, преобразовывать полученные сведения и передавать результаты обработки другим предметам, явлениям, процессам. Информацией пронизаны все материальные объекты и процессы. Все живые существа с момента их зарождения и до конца своего земного существования пребывают в информационном поле, которое непрестанно, непрерывно воздействует на них. Жизнь на Земле была бы невозможна, если бы живые существа не улавливали информацию, поступающую из окружающей среды, не умели бы ее перерабатывать и обмениваться ею с другими живыми существами [254, с.211].

Исходя из нашей концепции понимания пространства и времени, наиболее содержательная формулировка — информация есть мера изменения во времени и пространстве структурного разнообразия систем [252].

Если связывать сознание с отражением течения времени, тогда окружающее пространство образует информационное поле.

Не случайно (М.А. Марков) «...информационное поле Вселенной слоисто и структурно» [248, с.138]. Так же сложно и околоземное пространство.

Информационный слой планеты (В.Д. Плыкин) содержит всю информацию о нашей планете и о каждом человеке, живущем на ней. Этот слой обеспечивает информационный обмен Земли с Вселенной и информационный обмен Земли с каждым человеком, населяющим ее. Слой сознания представляет собой информационно-энергетическую сферу, созданную совокупным взаимодействием сознаний всех существ Земли.

Нижние слои информационного слоя планеты доктор сельскохозяйственных наук профессор Э.К. Бороздин предложил назвать биосферой, ноосферой и психосферой [255, с.19]. По его мнению, биосферу составляют биомасса всего живого и энергия жизнеобеспечения; ноосфера включает в себя ту часть планеты, которая находится под влиянием биоэнергии живых существ и, прежде всего, человека, сложных взаимоотношений между людьми и всего человечества с природой; психосфера человечества (или Земли)

вливается в гармонию Вселенского Сознания и играет в ней определенную роль. И чем больше развивается духовность человечества, тем большее влияние оказывает психосфера Земли на Вселенское Сознание.

По мнению В.Н. Волченко [251, с.9], «Тонкий Мир может быть многослойным, причем верхние слои имеют более тонкую «энергетическую» (а в нашем понимании — информационную) структуру. В то же время Тонкий Мир содержит набор своеобразных образцовых информационных матриц, по которым реализуется построение Вещественного Мира. Реальность Тонкого Мира доказана учеными разных стран квалифицированными исследованиями феноменов сознания в психофизике и квантовой механике. С другой стороны, Тонкий Мир, как мир чистого сознания, должен содержать информацию обо всем вещественном. А это весьма сложно: идеи, законы природы, алгоритмы развития, банки данных и т.д. Таким образом, мир сознания или непроявленный (Тонкий) мир должен быть несравненно более сложным, чем вещественный, телесный».

Единое Информационное Поле Вселенной имеет космическую размерность, оно содержит информацию, характерную не только для Вселенной как целого, но и информацию всех уровней, в том числе и информационного уровня человеческого бытия. Единое Информационное Поле хранит в себе голограммы каждого человека с миром его чувств и мнений [256, с.157].

Давно установлено, что материальным носителем информации в физическом мире являются электромагнитные волны. Электромагнитный спектр (спектр простых синусоидальных колебаний) представляет своеобразный язык, на котором осуществляются передача и прием информации между физическими системами, в том числе и живыми организмами. Отсюда следует, что человек в процессе познания мира посредством органов чувств принимает и расшифровывает информацию, закодированную в электромагнитном излучении. Ведь наши зрение, слух, обоняние, вкус и осязание функционируют на уровне атомов при помощи электромагнитного поля. Человек и животные имеют акупунктурную систему, способную воспринимать сигналы извне и затем трансформировать их в соответствующие формы внутренней активности [256, с.159].

Все чаще высказывается мысль, что изучение Вселенной и изучение сознания неразрывно связаны друг с другом. На материаль-

ный носитель информации в Тонком Мире в последнее время претендуют торсионные поля и волны.

Основа Мира — Сознание, носителем которого выступают спин-торсионные поля. Слова и мысли — торсионы, творящие явления мира. Мысль рождается, и о ней сразу знает весь мир. Человек проецируется на Вселенную в пропорциях, не сравнимых с величиной его физического тела.

Отсюда следует вывод, что Мир имеет в своей основе Сознание как единое мировое начало. Сегодня, в свете последних открытий, существование мира как универсального Сознания, проявляющего себя различным образом, — научная реальность. Поле Сознания порождает все, и наше сознание — часть его [248, с.142].

Если принять, что материальным носителем информации в Тонком Мире являются торсионные поля или торсионные волны, то именно они лежат в основе таких феноменов, как интуиция, ясно-видение, телепатия, предчувствие и т.д.

Тезис «Поле Сознания» порождает все, и наше сознание — часть его — требует дополнительных пояснений. По современным представлениям сознание следует понимать как высшую форму развития информации.

При рассмотрении природы сознания через специфические проявления торсионных полей — материальных объектов — становится очевидным, что сознание само по себе является материальным объектом. С физической точки зрения, сознание является особой формой полевой (торсионной) материи [257, с.72].

С разработкой теории физического вакуума и торсионных полей (А.Е. Акимов, Г.И. Шипов) сознание и материя представляют собой единые сущности. Таким образом, сознание объединяет все поля, материальный мир и все уровни Тонкого Мира. Этим утверждается неразрывность сознания и материи.

Продолжаются исследования и попытки понять, как информация поступает в мозг, что происходит при этом в мозге и в человеческом организме, как проявляет себя наше сознание.

В.В. Налимов обосновал две формы поступления информации в мозг, определяемые рефлексивным и континуальным мышлением.

В первом случае человек получает информацию словами, думает словами, а иногда преобразует их в образы. Такой способ передачи информации (вербальный) обладает малой информаци-

онной емкостью, требует активного участия мозговых структур по расшифровке, переработке, дополнению принятой информации. Этот вид мышления не может существовать без языка. Незнание языка делает получаемую информацию бесполезной для создания образа.

При континуальном сознании мышление осуществляется не словами, а образами. Такое образное мышление характеризуется большим поступлением информации в мозг в единицу времени, несоизмеримым с вербальным мышлением [258, с.8].

Образным мышлением пользуются и человек, и животные. Но с развитием вербального, логического (выраженного словами) мышления оно стало для человека основным. Вербальное мышление позволяет развиваться абстрактному мышлению и дает некоторые преимущества в общении.

За эмоции и образное мышление отвечает правое полушарие головного мозга. Логическое и абстрактное мышление находятся под контролем левого полушария, ставшего для человека ведущим.

Исследуя каналы поступления информации в мозг, А.В. Бобров [259, с.58] пришел к выводу, что в основе механизма сознания лежат полевые информационные взаимодействия, и приводит основания для такого утверждения:

- 1) современными научными методами в коре головного мозга обнаружены центры мышления и памяти, а также специфические структурообразования, регулирующие функции мышления и памяти;
- 2) механизм реализации мышления и памяти, по его утверждению, неизвестен;
- 3) мышление и долговременная память не могут быть реализованы на пути распространения нервных импульсов по нейронным сетям головного мозга, поскольку скорость перемещения потенциала действия вдоль нервного волокна и время синоптической передачи не обеспечивают реально существующее быстрое действие механизмов мышления и памяти. Такое быстрое действие при переносе, запоминании и извлечении из памяти ничем не ограниченных объемов информации может осуществляться только на полевом уровне; биологические системы обладают материальной основой для реализации механизма сознания на полевом уровне. Исхо-

дящее от них излучение несет сложную информацию и имеет, как считает А.В. Бобров, торсионную природу.

По мнению А.Е. Акимова [260, с.134], деятельность человека в значительной степени зависит от спинного состояния молекул, входящих в состав любой клетки. Каждая клетка создает свое торсионное поле и подвержена воздействию внешнего торсионного поля. И если в качестве клетки выступает клетка мозга с особенно тонкой организацией — нейроном, то естественно предположить, что торсионные поля будут индуцировать некие образы сознания. Совокупность торсионных полей всех молекул нейрона образует торсионное поле нервной клетки, несущее информацию о ее состоянии — возбужденном или спокойном. В свою очередь, торсионное поле нейрона является частью торсионного поля коры головного мозга, которое несет информацию об идеях (образах). Следовательно, при воздействии внешних торсионных полей в клетках мозга формируются спинные структуры, которые вызовут в сознании соответствующие образы и ощущения.

Л.В. Петрова говорит о мощном воздействии психической энергии на физические процессы, на судьбу отдельного человека и о том, что с помощью торсионных полей можно объяснить любую проблему, связанную с психической энергией. Причем психическая энергия исследуется как реально существующее энергетическое поле [248, с.149]. Это как бы служит подтверждением того, что наши мысли и чувства — это торсионы, поскольку материя мыслей и чувств есть элемент торсионных полей.

Высказывается предположение (А.Е. Акимов, Г.И. Шипов), что мысль представляет самоорганизующуюся структуру и может влиять сама на себя. Становится понятным, почему эзотерика всегда утверждала, что контролировать свои мысли чрезвычайно важно, так как мысль материальна!

Поэтому хорошие мысли вызывают хорошие поступки.

Мысли проносятся в мозгу очень быстро и сначала трудно их выразить. А наш речевой аппарат, напротив, работает медленно. И если мы сможем начать «редактировать» свою речь, прислушиваясь к тому, что собираемся сказать, и не позволять себе произносить ничего негативного, тогда мы овладеем искусством управлять своими мыслями. Произносимые нами слова обладают громадной силой, хотя многие из нас не понимают всей их важности. Слова —

основа всего, что мы регулярно воспроизводим в своей жизни. Каждое слово, каждый звук, каждая мысль, искажают физический вакуум и создают торсионные поля. Эти поля могут быть правого и левого вращения. Их воздействие на любого другого человека, да и на нас самих может быть либо положительным, либо отрицательным.

Такое представление об информации и сознании можно рассматривать как «биокомпьютер сознания — БКС», основанный на молекулярной элементной базе, обладающий памятью и способностью мышления, он включает в себя кору головного мозга и некоторое пространство (физического вакуума конечного размера вокруг человека). Это означает, что функционирование такого БКС происходит на уровне физического вакуума путем взаимодействия структур торсионных полей, создаваемых корой головного мозга индивида, с торсионными полями, образованными другими объектами [248, с.152].

«Индивидуальное сознание как функциональная структура включает в себя не только собственный мозг, но и структурированный в виде торсионной вычислительной машины физический вакуум в пространстве около мозга, т.е. является своеобразным биокомпьютером» [260, с.135].

Такую точку зрения разделяет Э.К. Бороздин, который считает, что информация содержится во всех частях физического тела, в тонкоматериальных и духовных телах человека и других живых существ, а мозг является устройством, обеспечивающим выбор нужной информации и ее обработку до состояния, которое может быть осознано или воспринято на уровне подсознания или сознания [261, с.58].

Если информация есть мера изменения во времени и пространстве структурного разнообразия систем, то целесообразно рассматривать информацию, как отражение пространства и времени движущимся наблюдателем (сознанием). Исходя из условий равномерности течения времени (постулат), так как не выбраны единицы измерения пространства и времени и его оценки наблюдателем, можно выделить равновесные точки в пространстве. Эти точки располагаются симметрично оси абсцисс и образованы пересечением окружностей с равными радиусами. Тогда течение времени можно представить как волновой процесс в виде синусоиды, пилообразных и прямоугольных импульсов.

Ввиду того что функции пилообразных и прямоугольных импульсов определены на интервале $[0, 2r]$ и удовлетворяют усло-

виям разложения, они могут быть аналитически заданы в виде рядов Фурье.

В результате все временные процессы, происходящие в окружающем мире, наблюдатель будет воспринимать в виде излучений, носящих периодический характер [260, 262, 263]. Эти излучения и волны времени представляют собой поле информации — по сути дела торсионные поля и физический вакуум.

Теория физического вакуума, как фундаментальное исследование, включает в себя все ранее известные теории классической физики, теории относительности, квантовой механики и основана на них. Несмотря на фундаментальную разработку теории физического вакуума, она не объясняет существования мировых констант. Следовательно, не отвечает на вопрос, почему так устроена природа. В многообразии физических теорий не хватает какого-то звена для объединения теорий в единое целое [264, с.310].

Проблема, на наш взгляд, в парадигме времени.

12.4. САКРАЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ

Необходимость говорить о сакральной — божественной — геометрии связана с тем, что в последнее время заинтересованно обсуждаются вопросы сущности эфира, души, сознания, информации (Г.Н. Дульнев, Н.П. Бехтерев, В.Н. Волченко).

Теоретической основой этого нового направления являются теории физического вакуума и теории торсионных полей (А.Е. Акимов, Г.И. Шипов, В.Ю. Тихоплав), широко освещаемые сегодня популярные сведения, изложенные Мелхиседеком [265, с.54]. Он утверждает, что христианское понимание этого процесса происходит из египетского.

И египетская, и христианская религии считают, что для начала процесса творения требуются Ничто и Дух. И когда эти две идеи соединены вместе, то может быть сотворено все [266, с.66].

Пифагорейский тезис гласит, что наш мир возник в результате колебаний между сферами времени и пространства и что в центре сферических колебаний выделяются парменидовы простейшие частоты, из которых и разрастается вся остальная материя [267, с.24]. Вряд ли это можно считать научным подтверждением объяснениям

Мелхиседека, но различные интерпретации возможны. По крайней мере интерпретация «Цветка Жизни» говорит о том, что древние цивилизации имели очень высокий интеллектуальный уровень.

Изображение Цветка Жизни (рис. 12.3) обнаружено не только в Египте — его можно встретить по всему миру.

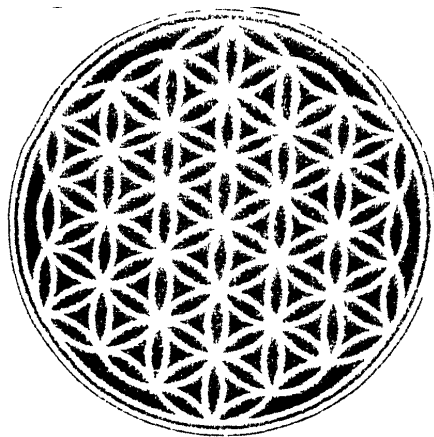


Рис. 12.3. Цветок Жизни

Его находили в Ирландии, Турции, Англии, Израиле, Египте, Китае, Тибете, Греции и Японии — повсюду!

Почти везде в мире его называют одним и тем же именем — Цветок Жизни, хотя где-то в космосе его называют по-другому. Два основных названия могут быть переведены как Язык Безмолвия и Язык Света. Цветок Жизни — источник всех языков. Это первичный язык Вселенной, чистая форма и пропорция.

Считается, что в пропорциях этого рисунка содержатся все до единого аспекты жизни. Рисунок содержит все до единой математические формулы, каждый закон физики, любую музыкальную гармонию, любую биологическую форму жизни, вплоть до вашего тела. Он содержит каждый атом, каждый уровень измерения, абсолютно все, что есть внутри вселенных волновой природы [265, с.45].

В середине Цветка Жизни есть семь взаимно пересекающихся кругов, которые, если их вынуть из Цветка и провести окружность вокруг них, создадут образ, который называется Семенем Жизни (рис. 12.4).

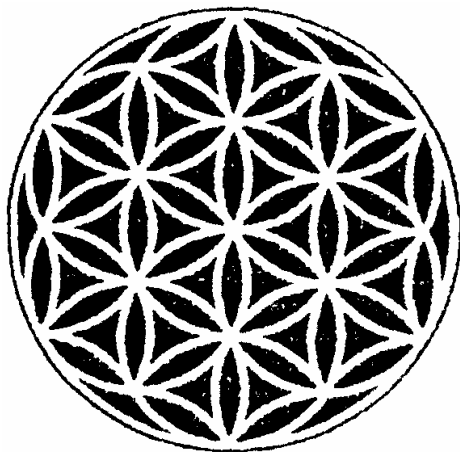


Рис. 12.4. Семя Жизни, извлеченное из Цветка

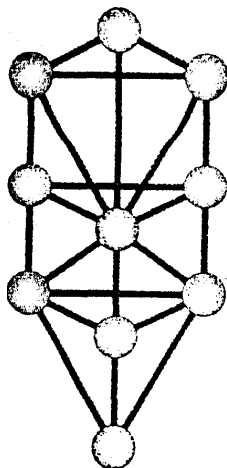


Рис 12.5. Древо Жизни

Другой образ в этой модели называется Древом Жизни (рис. 12.5). Многие люди, должно быть, связывают происхождение Древа Жизни с евреями и иудаизмом, но это не так. Древо Жизни не произошло из Каббалы, и тому есть доказательство. Древо Жизни не принадлежит ни одной культуре — даже египтянам, которые около

5000 лет тому назад высекли Древо Жизни в двух рядах колонн в Карнаке и в Луксоре, по три в каждом ряду. Древо Жизни — вне рас и религий. Этот образ является неотъемлемой частью природы.

При наложении образов Семени Жизни и Дерева Жизни их взаимосвязь становится очевидной.

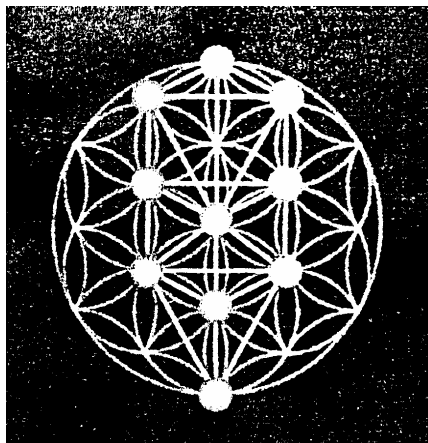


Рис. 12.6. Наложенные друг на друга Древо и Семя Жизни

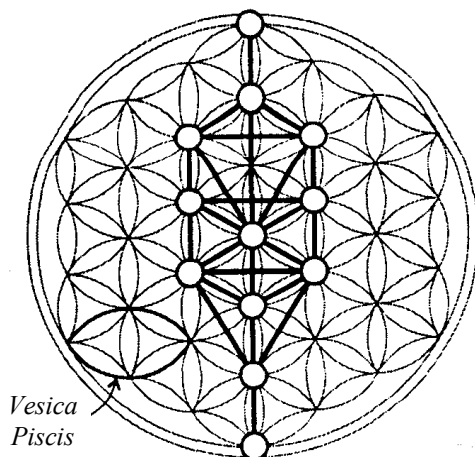


Рис. 12.7. Древо Жизни с двумя дополнительными кругами

На Древе Жизни, которое было обнаружено на египетских колоннах, можно увидеть еще один круг над ним и один — под ним (рис. 12.7). Это означает, что первоначально в Древе Жизни было двенадцать составляющих, и этот двенадцатиричный вариант Древа Жизни так же идеально вписывается в изображение Цветка Жизни.

Можно наблюдать синхронность, с какой эти формы развиваются, и то, как они все вписываются друг в друга. Это правополушарный способ понимания особой природы этой геометрии. Он получается при пересечении двух кругов с одинаковыми радиусами, когда центр каждого круга лежит на окружности другого круга. Область, где два круга пересекаются, образует то, что называется *Vesica Piscis* (букв. «рыбий пузырь»). Эта конфигурация — одна из наиболее важных в сакральной геометрии (рис. 12.8).

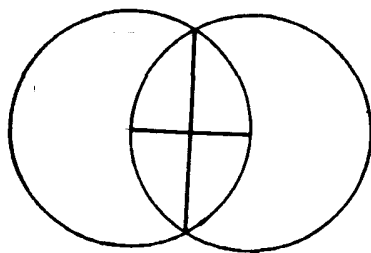


Рис. 12.8. *Vesica Piscis* с осями симметрии

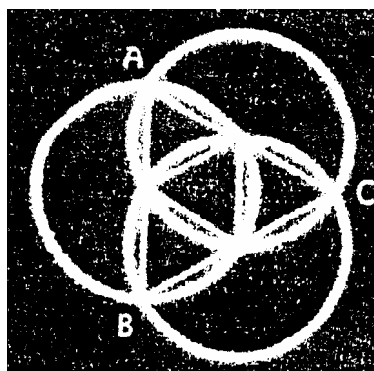


Рис. 12.9. Малый и большой тетраэдры в трех сферах

У *Vesica Piscis* есть два размера: длина и ширина; это два ключа к великому знанию. Многие не знают, что каждая линия Древа Жизни, имеет ли оно 10 или 12 кругов, является либо длиной, либо шириной *Vesica Piscis* в Цветке Жизни. И все они имеют пропорции золотого сечения. Если посмотреть на рис. 12.7, то видно, что каждая линия Древа Жизни в точности соответствует либо длине, либо ширине *Vesica Piscis*. Это первая взаимосвязь, которая становится видимой, когда мы выходим из Великой Пустоты.

В результате взаимного проникновения сфер создается геометрия звездного тетраэдра (рис. 12.9). Продолжая вращательное движение, создается модель Творения (рис. 12.10.)

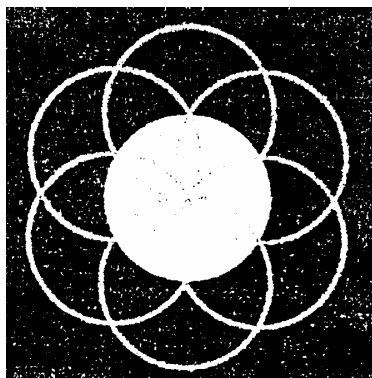


Рис. 12.10. Модель Творения

По мнению Мельхиседека, такая схема — живая карта творения всей реальности. Она позволяет понять единство всего творения и позволяет выйти за пределы полярного сознания [265, с.170].

Таким образом, Цветок Жизни можно представлять как громадный массив информации [266, с.78].

Если рассматривать Цветок Жизни как карту творения всей Реальности, то возможна, и для этого есть все основания, следующая интерпретация.

Выделим из «цветка» треугольник ABC (рис. 12.11). Он представляет собой три варианта геометрии:

- 1) геометрия Евклида — сумма углов равна 180 градусов;
- 2) геометрия Римана — сумма углов больше 180 градусов;
- 3) геометрия Лобачевского — сумма углов меньше 180 градусов.

Поэтому реальный мир выражается различными геометриями. И поскольку такие треугольники и зависимости справедливы для любого произвольного радиуса, то и геометрии — объективные реальности единого мира. Это не противоречит современным теоретическим концепциям.

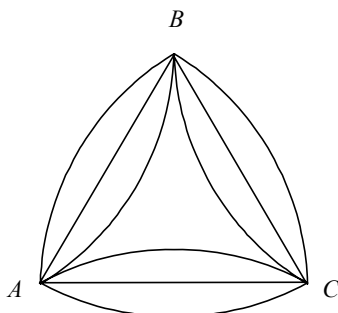


Рис. 12.11. Варианты геометрии

Увеличение радиуса можно связать с расширением «реальности» или Вселенной. Для однородной изотропной модели Вселенной были получены решения уравнений Эйнштейна. Б.Н. Иванов [247, с.301–302] допускает следующий подход.

Тело массой m находится в поле тяготения планеты с массой M ; его начальная скорость V может варьировать свои значения. Необходимо определить зависимость координат R тела от времени t .

Закон сохранения энергии даст связь

$$m \frac{v^2}{2} - G \frac{mM}{R} = E,$$

или

$$\frac{m}{2} \left(\frac{dR(t)}{dt} \right)^2 - G \frac{mM}{R(t)} = E.$$

Функция $R(t)$ явится решением этого уравнения, при этом ее вид зависит от значений параметра E , а именно (рис. 12.12):

$$R(t) \rightarrow \begin{cases} \text{кривая 1 при } E > 0; \\ \text{кривая 2 при } E = 0; \\ \text{кривая 3 при } E < 0. \end{cases}$$

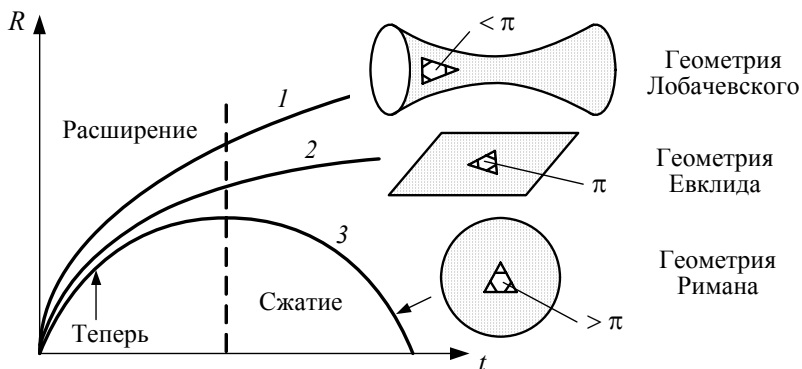


Рис. 12.12. Вид функции $R(t)$

На рис. 12.12 около каждой кривой показан соответствующий ей характер геометрии Вселенной. Там же приведена сумма внутренних углов в треугольнике при данной геометрии.

Расширение Вселенной — результат астрономических наблюдений, выражается соотношением Хаббла:

$$v = HL,$$

где v — скорость удаления галактик друг от друга; L — межгалактические расстояния; H — коэффициент, называемый постоянной Хаббла.

Установлено, что $1/H = 2 \cdot 10^{10}$ лет.

Интерпретация решений $R(t)$ к наблюдаемому миру галактик, образующих Вселенную, может иметь вид:

1. Вселенная должна неограниченно расширяться, если энергия движения материи превосходит энергию ее взаимодействия (кривая 1).
2. Если моделировать реальное трехмерное пространство двумерной поверхностью, на которой живут двумерные существа, то кривой 2 соответствует плоская неограниченная поверхность, на которой справедливы все соотношения геометрии Эвклида (в частности, сумма углов треугольника равна π). При этом расстояния L между точками — галактиками на этой плоской поверхности — равномерно возрастают со временем t .

Это соответствует «открытой Вселенной», т.е. Вселенной, в которой расстояния L между галактиками возрастают неограниченно; естественно, при этом неограниченно возрастает со временем и радиус R Вселенной.

3. «Вселенная замкнутая». Геометрия на сфере является неевклидовой; сумма углов треугольника превышает значение π . Зависимость $R(t)$, изображенная кривой 3, означает, что расширение Вселенной достигает некоторого максимума и затем начинается ее сжатие. Объем такой Вселенной в каждый момент времени ограничен, ограничено и количество вещества в ней.

Таким образом, современные теории соответствуют представлениям «Цветка Жизни». Это убеждает нас в реальности пространственно-волновой природы времени.

Так как *Vesica Piscis* в точности соответствует фронтам времени движущегося наблюдателя, то выводы сакральной геометрии соответствуют волновому представлению о пространстве-времени и автоматически выполняются. Длина и ширина пересекающихся окружностей имеют пропорции золотого сечения.

В «Вестнике АН СССР» №4 за 1990 год опубликован анализ отечественных и зарубежных данных, который показывает, что число удовлетворенных и неудовлетворенных своими обстоятельствами людей подчиняется пропорции «золотого сечения». Суть «золотого сечения» выражается следующей формулой: меньшая часть целого так относится к большей, как большая к целому. Золотая пропорция соответствует числу 1,6180339 и выражает соразмерность, гармоничность, красоту природных объектов, а также шедевров искусства и архитектуры. Впервые этот термин ввел великий древнегреческий астроном Клавдий Птолемей (90–160), а популярность он получил благодаря Леонардо да Винчи (1452–1519). Число 1,618 называют числом Фибоначчи, обозначают «фи» и считают его соответствующим пропорции золотого сечения [246, с.297].

При исследовании пирамиды в Гизе (Египет) обнаружено, что во всех внутренних и внешних пропорциях пирамиды число 1,618 играет центральную роль.

Оказывается, строение костных структур нашего организма основано на элементах золотой пропорции.

Между тем, приводя пропорции «фи» для человеческого тела, Мелхиседек [247, с.247] делает это произвольно (рис. 12.13), полагая $a = 1/2 = 0,5$.

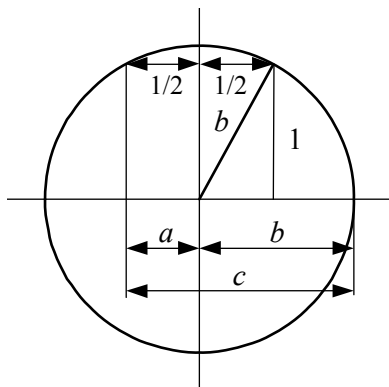


Рис. 12.13. Пропорции «фи» для человеческого тела

Соотношения имеют вид:

$$\frac{b}{a} = \frac{b+a}{c} = \frac{c}{b}; \quad b^2 = a^2 + 1^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 + 1 = \frac{1}{4} + 1 = \frac{5}{4};$$

$$b = \frac{\sqrt{5}}{2}; \quad c = a + b = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{5}}{2} = \Phi; \quad \Phi = 1,6180339.$$

На наш взгляд, подобное соотношение можно получить более ясным и простым методом.

При построении системы отсчета времени наблюдателем (сознанием) имеется начальный радиус, равный единице, а отрезок $a = 0,5$ — по построению.

Тогда

$$b = \sqrt{\frac{1}{4} + 1^2} = \frac{\sqrt{5}}{2}; \quad c = a + b = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{5}}{2} = 1,6180339.$$

Получены подобные пропорции для пространства и времени. Только в одной окружности единичного радиуса получается пропорция «фи». Эта пропорция характеризует начальную систему отсчета.

12.5. ВОЗНИКНОВЕНИЕ МИРА

В настоящее время с интересом обсуждается версия возникновения мира. Считается, что вероятность случайного образования вещества Вселенной ничтожно мала. Кроме того, фундаментальные константы Вселенной: скорость света, заряд и масса электрона, постоянная Планка и другие — оказались таковыми, что даже малейшее изменение большинства из них привели бы к тому, что атомы и молекулы просто не могли бы образовываться. Даже изменения некоторых из них привело бы к ничтожному содержанию углерода во Вселенной, а значит, не смогло бы образовываться органическое вещество и, следовательно, жизнь [248, с.183].

В результате исследований ученые пришли к выводу: материальная Вселенная, пространство, время, жизнь, разумные вещества и разумные существа на Земле и других планетах созданы Сверхразумом. Был провозглашен антропный принцип, который означает, что Вселенная еще до своего рождения была запрограммирована на появление в ней вещества, живой материи и разумных существ [268, с.17].

В связи с попыткой создания научной версии сотворения мира появились термины «Абсолютное ничто» Г.И. Шипова, «Абсолют» Э. Мертона. Когда говорят, что Абсолют является источником всего сущего, то имеют в виду, что в любой частице материи заложен собственный «кусочек» Абсолюта, который является высокоразвитой, творящей информацией, способной познать самое себя, т.е. Сознанием [248, с.184].

Существование таких объектов, как идея, план, мыслеформа, эмоции и т.д., так же невозможно без санкции Абсолюта, дающего этим объектам жизнь в виде Сознания. Идея, наделенная Сознанием, есть Дух. Э. Мертон пишет по этому поводу [269, с.92]: «Это чистый дух, не привязанный ни к какому живому существу... Он ничего не делает и ни к чему не стремится. Он просто существует».

Сторонники антропного принципа, физического вакуума и торсионных полей считают, что рождение любого объекта означает приобретение им формы, причем более плотной, чем породившая его субстанция. Например, физические элементарные частицы, обладающие определенной массой, рождаются из более тонких электромагнитных полей, не имеющих массы (эфирный план). Мысль ментального плана порождает эмоции — объекты более плотного

астрального плана, а они, в свою очередь, создают движение объектов в самом плотном, физическом, плане.

Высказывается предположение [270, с.2]: «Мир идей — это некая реальность, причем, по отношению к материи, более устойчивая, образующая Мир Высшей Реальности. Она — основа всего. Она первородна. То есть появляется именно эта часть реальности, а только потом привычная нам грубая материя».

К подобному предположению можно относиться как положительно, так и отрицательно. Главное — найти достаточные аргументы в пользу той или другой концепции.

Несостоятельно, на наш взгляд, предположение «что если в глубине беспредельного абсолюта зародилась идея создания физического мира, населенного людьми, обладающими личной творческой инициативой, то эта идея, наделенная Сознанием, смогла бы набрать колоссальный запас энергии, стать самостоятельной, самодостаточной, сконцентрированной на достижении поставленной цели» [248, с.185].

Тем не менее из этого предположения следует: набрав огромную энергию, Дух на атмическом плане рождает соответствующие идеи, также наделенные Сознанием, которые называются «Атман», что в переводе с санскрита означает «Я», или индивидуальный Дух. Из материи этого плана создается атмическое тело человека, или просто Атма-Дух [248, с.185].

Таким образом, в Абсолюте царит творческая идея. В результате в Абсолюте образуется гигантский информационный вихрь (результат кручения пространства), который концентрируется вокруг первичной творческой энергии создания нашего физического мира. Когда концентрация достигла определенного предела, гигантский вихрь начал распадаться на более мелкие вихри правого и левого вращения. Возникли первичные торсионные поля, которые хорошо описываются уравнениями Г.И. Шилова. «Они появляются во всех точках Вселенной и мгновенно накрывают ее всю разом — для них нет понятия распространения или скорости». Образовалось Информационное Поле Вселенной.

Такую же картину рисует в своей работе Э. Мертон [269, с.92]: «...Огромная область сплошного океана энергии Абсолюта трансформируется (или конденсируется, подобно туману) в дискретные частицы энергии — Монады, каждая из которых равнозначна по

своей мощности всей области Вселенной и связана с ней общим замыслом. Такие отделившиеся Монады наделены Сознанием».

Подобную точку зрения высказывает и профессор Э. Мулдашев [271, с.349]: «Постепенно в ходе эволюции в Тонком Мире появился Дух — сгусток психической энергии в виде торсионных полей, который может вечно сохранять в себе большой объем информации. Множество духов образовали между собой информационные связи и создали Всеобщее Информационное пространство, т.е. Тот Свет».

Идеи, возникшие на атмическом плане, порождают самые разнообразные схемы или варианты своей реализации (а это уже объекты более, чем идеи) и представляют собой буддхический план. Из буддхических энергий строится буддхическое тело человека, которое еще называют телом Сознания. Энергия буддхического плана, уплотняясь, образует каузальный план. На каузальном уровне создается каузальное тело человека, которое еще называют телом Высшего Разума.

Отсюда реальность духа, души и тела.

Три высших тонких тела образуют Душу человека, которая практически вечна. Эту триаду профессор И.П. Волков [272, с.15] называет «бессмертной частью одухотворенной души» (рис. 12.14).

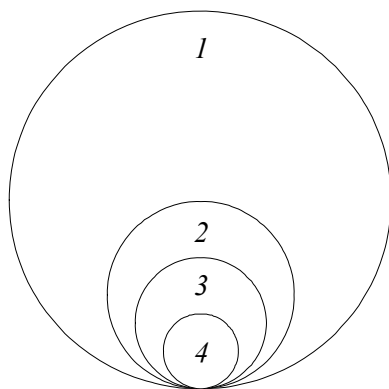


Рис. 12.14. Умозрительная схема соотношения Духа, Души и Тела человека:

- 1 — непознаваемая часть Духа (Вселенная);
- 2 — бессмертная часть одухотворенной Души;
- 3 — Душа, воплощенная в Тело; 4 — плотное Тело человека

Пока душа человека находится в развоплощенном состоянии, она «сосуществует» с мировой Душой, или с Сознанием Вселенной. Сознание развоплощенной Души является фрагментом голографической Вселенной. В нем, в сознании, содержится вся информация о прошлом, настоящем и будущем, имеющаяся во Вселенной. Но как только эта Душа решает воплотиться в человеке, то ее сознание «падает вниз», накрепко привязываясь к плотным телам личности. «Дух работает постепенно, от более тонкой к более грубой субстанции» [273, с.62].

Несмотря на то что речь идет о реальности Духа, Души и Тела, умозрительная схема их соотношений соответствует последовательности одновременности и не выходит за рамки волновой природы времени.

ГЛАВА 13

РАЗМЫШЛЕНИЯ И ИТОГИ

13.1. ЧЕЛОВЕК ВО ВСЕЛЕННОЙ

Человек — существо общественное, и исследователи не составляют исключения. Развитие научных теорий происходит в определенных рамках общественного и культурного характера, включающего этические, религиозные, экономические и политические элементы. Фундаментальные понятия любой научной модели пространства, времени и Вселенной с необходимостью подвержены влиянию со стороны выработанной ранее картины, отражающей место человека в пространстве, основанной на ранних теориях.

По мнению А. Сердюкова, экспериментальные и теоретические достижения в научном понимании физики пространства-времени и космологии, как, впрочем, и все виды интеллектуальной деятельности человека, воздействуют на общество. Человечество не всегда единодушно включало эти достижения в сокровищницу своих знаний. Иногда следствия, вытекающие из новых моделей Вселенной, представлялись столь неудобоваримыми с точки зрения существующего порядка вещей, что он яростно сопротивлялся им, порою применяя даже насилие.

Наука предельно эмпирична, и ее точка зрения, построенная на сыпучих песках экспериментальных данных и результатов наблюдений, подвержена изменениям, что во многом и определяет практическую ценность науки. Однако постоянная перестройка научных взглядов выражает не слабость науки. Напротив, в этом ее сила. Наука, как и человечество, развивается, все более усложняясь и становясь все более могущественной.

Лишь очень редко общепринятая теория на самом деле оказывается ошибочной в точном смысле этого слова. Ньютонова механика и связанная с ней модель пространства и времени служила верой и правдой 200 лет и, более того, продолжает служить нам и ныне. Ньютон не ошибся. Тот факт, что его теория была заменена теорией относительности и квантовой механикой, означает лишь, что теперь мы знаем границы применимости механики Ньютона. Как теория относительности, так и квантовая механика включают механику Ньютона в качестве приближения, которое абсолютно пригодно для описания процессов, происходящих в нашей повседневной жизни. Никому, например, и в голову не приходит воспользоваться общей теорией относительности, чтобы рассчитать полет камня.

Как известно, основой физики XX века предстали теории относительности и квантовая механика. Содержания этих разделов физики предопределили формально-утвердительные представления о строении атомов, атомных ядер, о свойствах элементарных частиц: эти достижения оказались основой развития ядерной энергетики, физики твердого тела и квантовых свойств жидких веществ и плазмы, квантовых и релятивистских свойств взаимодействия света и вещества и ряда оригинальных направлений химии, биологии и прикладных разделов естествознания и техники.

Настоящим оправданием чисто академических исследований является не технология, а знание. Понимание человеком Вселенной — вот самый убедительный аргумент в пользу космологических исследований. В современном обществе, которое зачастую ориентируется на посредственность, знание приносится в жертву прибыли. Но именно знание в первую очередь отличает людей от других видов. Если общество не намерено отвергнуть науку вместе с технологией, то оно должно полностью признать благо познания.

В обществе с ограниченными ресурсами присвоение степеней приоритета разным исследовательским темам всегда вызывает трудности. Есть ли на самом деле хоть какие-нибудь основания для продолжения исследований в такой области (предназначенной для избранных), как структура пространства-времени?

Непосредственно перед тем, как были открыты теория относительности и квантовая теория, считалось, что физика более или менее исчерпала себя. Представлялось, что существующие теории описывают почти все известные явления, кроме отдельных стран-

ных фактов, которые не укладывались в схему. Никто не мог предполагать, какие великие открытия ожидают человечество впереди, поскольку ни одна из принятых в то время теорий была не в состоянии предсказать, где лежат границы ее применимости. Например, никак нельзя было заподозрить, что ньютонова механика окажется неприменимой на атомном уровне. Иное дело в этом отношении — существующая теория пространства-времени. Общая теория относительности действительно предсказывает, где находятся границы ее применимости; в ней самой заложены ее ограничения. Это области возникновения так называемых сингулярностей. Они и служат границами пространства-времени, и теория относительности на них неприменима. Отсюда следует, что необходима какая-то новая теория, новая модель. Следовательно, открыты еще не все законы физики. Какова должна быть новая теория, можно только гадать. Может быть, в ней совсем не будут использоваться понятия пространства и времени. Возможно, будущему обществу вообще не потребуются эти слова и понятия. Не исключено, что, как и эфир, они уйдут из круга интересов и языка людей.

Сингулярность — это не объект, а то место, где заканчивается действие известных нам физических законов. Начальная сингулярность — это поистине следствие без причины, ибо до того не существовало ни пространства, ни времени, и вообще ничего физического, что могло бы включать в себя эту причину.

Такие понятия, как причина и следствие, требуют для своего действия не только существования времени, но и его асимметрии. Но время, а тем более его асимметрия — это конкретные свойства материального мира, имеющие смысл лишь после его рождения (причем асимметрия возникает существенно позже, когда первичное равновесие снимается космологическим расширением).

Попытки привлекать сверхъестественные силы для объяснения явлений природы, причины которых были непонятны в ходе исторического развития человека, претерпели заметную эволюцию.

Вместе с развитием представлений о пространстве-времени и космологии в последние сто лет менялись и представления о месте человека во Вселенной. До Коперника просвещенное общество Запада наделяло человечество исключительным правом находиться в центре всего сущего. Земля, «специально сотворенное» обиталище человека, считалась как бы осью, вокруг которой вращались «ко-

леса» космоса. Вся мировая структура была подчинена уникальному в своем роде «жилищу» человека — центру всей естественной и сверхъестественной деятельности.

Картина существования человека на Земле, принятая в XX веке, следующая. Земля лишилась своего исключительного места в мире, и ее положение считается во многих отношениях типичным для всех частей Вселенной. Солнце вместе с принадлежащими ему девятью планетами представляется звездой совершенно заурядного типа. Подобные звезды миллионами рассеяны по всей Галактике. Наша Галактика также не выделяется ничем особым. Такие галактики миллионами разбросаны по всей наблюдаемой Вселенной. Но если Солнце и Галактика столь типичны, то наша планета, биосфера и общество — также типичные явления во Вселенной. Подобный взгляд на Землю в космической перспективе привел к тому, что стало модным рассматривать и жизнь как один из этапов эволюции и самоорганизации Вселенной. Из первичного огненного шара сформировались простейшие атомы. Затем образовались звезды, в которых возникли ядра более сложных элементов. Охлажденные области вокруг звезд стали местом образования еще более сложных молекул. Следующим этапом микроскопической организации является биологическое вещество.

Согласно этому современному взгляду, жизнь естественным образом возникла из сырья, «изготовленного» звездами. Предполагать, что все это могло случиться только на Земле, — значит вернуться к антропоцентрической догме, господствовавшей до Коперника. Но, несмотря на то что удаленные области Вселенной подчинены тем же законам астрономии, физики и химии, утверждение, что другие части Вселенной подчинены тем же биологическим законам, все еще вызывает довольно много споров. Земная биология находится в зависимости от постоянного термодинамического неравновесия, обусловленного нашей близостью к мощному генератору мегаэнтропии — Солнцу. Грубо говоря, мы живем в области градиента температуры. Жизнь нуждается не только в неравновесии, для ее зарождения требуется также время. Чтобы жизнь на Земле развилась от примитивной слизи до человека, потребовалось 3 млрд лет. Это заметная часть времени существования Солнца.

Современная астрономия показывает, что Солнце находится в очень устойчивом состоянии. Хотя для нас жизненно необходимо

неравновесие, создаваемое Солнцем в окружающем пространстве и обусловленное испусканием огромных количеств излучения, происходящая при этом потеря энергии представляет для Солнца лишь слабое возмущение его внутренней структуры. В среднем фотону солнечного света, попадающему в наш глаз, требуется около восьми минут, чтобы дойти к нам с поверхности Солнца. А чтобы добраться из центра Солнца на его поверхность, фотон затрачивает 100 млн лет! Это значит, что термодинамическое неравновесие в окрестностях Солнца, столь важное для поддержания жизни на Земле, для самого Солнца — всего лишь ничтожная утечка энергии с его поверхности. Поэтому какое-либо противоречие между термодинамическим неравновесием и долгосрочной стабильностью здесь отсутствует.

В 40–50-е годы прошлого века биохимики достигли значительных успехов в понимании того, какие физические и химические условия необходимы для формирования жизни. В 1953 году в Чикагском университете Стенли Миллер и Гарольд Юри произвели замечательный эксперимент, воссоздав в лаборатории условия, как полагают, существовавшие на Земле 3–4 млрд лет назад. В конце эксперимента удалось синтезировать большое количество важных органических молекул. Хотя был получен еще не живой материал, этот эксперимент, как и многие другие, последовавшие за ним, подтвердил предположение, что в довольно широком интервале условий возможно быстрое образование больших количеств «предбиологического» молекулярного строительного материала. Важность этого открытия связана с тем фактом, что все формы земной жизни — от бактерий до человека — есть комбинации небольшого количества таких первоначальных элементов.

Переход от элементов «предбиологического» материала к первым самовоспроизводящимся, т.е. живым, организмам имеет, с точки зрения биологии, несравненно большее значение, чем вся последующая эволюция этих примитивных организмов, которая создала огромное разнообразие форм жизни, наблюдаемое теперь на поверхности Земли.

Биохимики настроены оптимистично и полагают, что жизнь должна развиваться в окрестностях большинства звезд в основном того же типа, что и наше Солнце, если у них есть планеты, подобные нашей Земле. К сожалению, мы не располагаем какими-либо дан-

ными наблюдений, которые свидетельствовали бы о существовании планет типа Земли вне Солнечной системы. Земля слишком мала, чтобы ее можно было увидеть в телескопы даже с ближайшей к нам звезды, и, наоборот, в наши земные телескопы нельзя заметить малые планетные тела в других системах. Однако в нашей собственной Солнечной системе есть другие подобные планеты (Марс и Венера), и, согласно теории образования планет, около большинства звезд существуют такие тела.

Планетные тела, не похожие на Землю, уже открыты около ряда ближайших звезд, и некоторые биологи предполагают, что жизнь могла бы возникнуть при существующих на них условиях, которые совершенно отличны от земных. Та жизнь, которую мы знаем, основана на углероде и, вероятно, нуждается в больших количествах воды; однако не исключено, что иные формы жизни способны развиваться на совершенно другой химической основе.

Основной вопрос состоит в том, существует ли жизнь повсюду во Вселенной или это исключительное событие, случившееся лишь в нашем маленьком мире.

В результате прогресса в понимании химических основ жизни сделан вывод о том, что биологическое вещество можно рассматривать как разновидность физического состояния вещества (газообразное, жидкое, твердое и биологическое), так что оно должно естественно и неизбежно образовываться при определенных условиях. Американский астроном Карл Саган писал: «Вероятно, возникновение жизни на подходящих для этого планетах диктуется химией Вселенной. Правда, мы еще не знаем, какова вероятность существования жизни в разных местах Вселенной, но, по-видимому, из общих соображений правомерно, с некоторой долей оптимизма, заключить, что обитаемые планеты — это, пожалуй, довольно обычное явление».

На основе такого предположения возникла новая наука — экзобиология, изучающая жизнь вне Земли. Сегодня она еще не располагает объектами для исследования, но чрезвычайно богата теориями. Шансы встретить жизнь на этих планетах-сестрах хотя и малы, но не исключены абсолютно. То, что известно об условиях на Марсе, не подкрепляет предположений о существовании там жизни, но и не противоречит им. Некоторые специалисты даже считают весьма вероятным существование примитивных организмов хотя бы на од-

ной из этих планет, и, без сомнения, обнаружение на Марсе хотя бы одной единственной бактерии будет важнее тысячи догадок. Это был бы поистине великий вклад в наши непрерывно изменяющиеся представления о Вселенной. Если, однако, в Солнечной системе не обнаружится внеземная жизнь, то придется вести речь не просто о постройке более мощных и совершенных ракет для полета к звездам.

Человеческая цивилизация имеет за плечами несколько тысяч лет существования, хотя, возможно, теперь ей грозит уничтожение технологией. Если наш опыт типичен, то в Галактике могут существовать десятки тысяч планет, населенных мыслящими существами. С другой стороны, возможно, время жизни цивилизованных обществ должно измеряться миллионами лет и более. В таком случае в Галактике может быть несколько десятков или даже сотен миллионов населенных планет. В последние годы было сделано немало попыток зарегистрировать радиосигналы от технически развитых цивилизаций — если таковые имеются по соседству в Галактике, — но пока безуспешно. Кроме того, с Земли посылали сообщения в космос. Хотя подобное предприятие может оказаться пустой тратой времени и денег, тем не менее целесообразно прилагать, пусть умеренные, усилия для установления такой связи, поскольку она чрезвычайно важна. Если кто-нибудь рассматривает эти действия как безрассудную сигнализацию, возможно, воинственным враждебным мирам о нашем существовании, то он может не волноваться. Распространяясь со скоростью света, радиоволны затратят 100 лет, чтобы достигнуть цивилизации, удаленной от нас на 100 световых лет. Ответа же нам придется ждать не менее 200 лет.

На наши сигналы должно отозваться сообщество, предположительно несравненно более развитое в научном, культурном и этическом отношениях. За время существования радиоастрономии человечество узнало о происхождении и строении Вселенной больше, чем за тысячи лет господства религии и философии. Интерес представляет анализ того, что внесли последние успехи астрономии, физики и космологии в научную картину, описывающую место человека во Вселенной, и сравнение этой картины с традиционными религиозными верованиями. По традиции люди продолжают считать, что Вселенная создана с некой целью. Все в мире организовано именно так, чтобы это было удобно для жизни человека. Нас окружают предметы, делающие жизнь легкой и прият-

ной. Много воды для питья и воздуха для дыхания. Атмосфера защищает нас от губительных излучений из космоса. Солнце светит и согревает нас. Его излучение имеет нужную температуру и не меняется сильно. Катастрофы геологического характера случаются редко. Трудно определить, насколько тонко зависит жизнь от окружающих физических и химических условий. Жизнь развилась на нашей планете, следовательно, она приспособилась к господствующим здесь условиям. Скорее не наш мир сделан так, чтобы нам было в нем удобно, а мы созданы так, чтобы соответствовать ему. Неясно, в какой мере должна была бы измениться организация Вселенной, чтобы все мыслимые формы жизни стали невозможны. Часто утверждают, что малые изменения ряда, по-видимому, произвольных мировых констант, таких как «сила» ядерного взаимодействия, могли бы резко изменить состояние Вселенной. Если бы, например, это взаимодействие было на несколько процентов сильнее, то свободный водород, обеспечивающий энергию Солнца и тем самым — одно из основных условий жизни на Земле, был бы полностью израсходован на синтез гелия за время Большого взрыва. Что же касается нашего собственного существования, то здесь можно высказать два прямо противоположных мнения. Одно — что Вселенная «специально» была создана именно таким образом, чтобы развивались жизнь и человеческое общество. Второе — что, если бы все было не таким, каково оно есть, нас здесь просто бы не было. Обе эти точки зрения находятся в согласии с утверждением, что наличие жизни накладывает ограничения на свойства Вселенной — они должны быть в той или иной мере вполне определенными. Интересно было бы выяснить, какие наблюдаемые свойства природы должны были реализоваться просто ввиду того, что мы — способные вести эти наблюдения — существуем во Вселенной. Время от времени некоторые ученые предлагают рассматривать само наше существование как выражение соответствия свойствам Вселенной.

Лучше рассматривать Вселенную как целостное явление. По словам немецкого математика Германа Вейля (1885–1955), «мир не оказывается, он просто есть». Нет нужды запускать мир двигаться по строго определенному пути к некоторой неизвестной цели. Нет, мир — это и есть пространство-время, материя и взаимодействия, продолжающиеся из прошлого в будущее, от точки к точке, от события к событию в обширном сплетении многосложности существования.

13.2. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Свершающееся ныне объединение физики космоса и микромира носит принципиальный характер — это не просто использование результатов физики элементарных частиц при решении космологических проблем, наоборот — сами проблемы становятся общими, одинаково важными для обеих наук [274, с.208–209].

Среди этих проблем в первую очередь надо назвать прошлое и будущее нашей Вселенной. Успехи физики элементарных частиц позволяют надеяться, что в физических лабораториях, может быть, будет получен ответ на вопрос, который заставлял астрономов мерзнуть бессонными ночами у телескопов... Судьба Вселенной зависит от средней плотности вещества в ней, а начиная с 1980 года, появляются указания на то, что нейтрино имеют хотя и малую, но ненулевую массу покоя. Число этих всепроникающих частиц в единице объема столь велико, что 90% плотности вещества определяется ими, так что ненулевая их масса приводит к плотности вещества выше критической. Это означает, что Вселенная замкнута, и что ее расширение через срок порядка 10 миллиардов лет сменится сжатием, и нам всем уготована геенна огненная [274, с.208–209]. У проблемы массы нейтрино, как мы видели, есть и более актуальные аспекты — ненулевая масса нейтрино означает и решение проблемы «скрытой массы» в скоплениях галактик и дает еще один возможный ответ на вопрос, почему от Солнца нейтрино приходит слишком мало.

Можно теперь обратить задачу определения параметра замедления (т.е. характера отклонения от закона Хаббла при больших красных смещениях, зависящего от модели Вселенной) и сказать, что из замкнутости Вселенной, вытекающей из наличия массы у нейтрино, следуют вполне определенные выводы о характере эволюционных изменений светимости и показателя цвета галактик (в свою очередь, определяемые историей звездообразования в них). В качестве платы за ценную информацию астрономы могут сказать физикам, что сортов нейтрино не должно быть слишком много, иначе по-другому шло бы образование химических элементов на ранних стадиях расширения Вселенной — космология, как замечает академик Я.Б. Зельдович, помогает бороться с демографическим взрывом среди элементарных частиц.

Глобальной задачей науки является построение единой теории поля, которая объединила бы все четыре взаимодействия — электромагнитные, слабые (при которых образуются нейтрино), ядерные (удерживающие частицы в ядрах атомов) и гравитационные. Лучшие умы человечества десятилетия жизни отдавали этой задаче, но после первого успеха Максвелла, объединившего электричество и магнетизм, прошло более ста лет, пока в 1967–1968 годах С. Вайнберг и А. Салам не предложили теорию, объединяющую электромагнитные и слабые взаимодействия. Важнейшее подтверждение правильности этой теории было получено совсем недавно: в январе 1983 года 136 сотрудников Европейского центра ядерных исследований подписали статью об обнаружении одного из предсказанных переносчиков слабых взаимодействий — промежуточного бозона W^+ . Позднее были обнаружены и остальные — бозон W^- и нейтральная частица Z^0 . Это повышает шансы на успех у строящейся на тех же основаниях теории «великого объединения» (за бортом ее остается — пока? — лишь гравитация), для проверки которой нужно иметь частицы с энергией не менее 10^{24} электрон-вольт, что на 10^{13} превышает энергии, достигнутые с помощью современных ускорителей. Теория «великого синтеза», таким образом, должна управлять поведением частиц при возрасте Вселенной, меньшем 10^{-35} с, когда их энергия и была столь высока, и на этой основе удастся понять ряд загадочных особенностей нынешнего состояния Вселенной [275]. Она предсказывает также, что при реакциях, в которых участвуют сверхтяжелые частицы (происходящих при очень высоких энергиях), может нарушаться закон сохранения числа барионов; из нее следует, что и в «обычных» условиях протон должен распасться за время порядка 10^{32} лет. Последние экспериментальные данные пока говорят лишь о том, что оно больше 10^{30} лет. От дальнейших результатов этих опытов зависит не только понимание ранних стадий эволюции Вселенной и причин нынешнего состояния, но и заключения о ее будущем. Если нестабильность протона будет доказана, это будет означать, что через 10^{33} лет во Вселенной не останется вовсе ядер атомов, и жизнь станет невозможна... Впрочем, актуально это будет лишь в том случае, если выяснится, что Вселенная все-таки открытая и бесконечно расширяется.

Последние сообщения говорят, что нашей Вселенной суждено расширяться вечно. Такой вывод, имеющий огромное научное и философское значение, стал итогом независимых исследований пяти групп американских астрономов, использовавших различные методики, но получивших одинаковый прогноз относительно будущего Вселенной [276].

Сейчас большинство космологов согласны с тем, что началом Вселенной был Большой взрыв, или, на научном языке, сингулярность в момент ее возникновения примерно 15 млрд лет тому назад. А вот относительно дальнейшей ее судьбы шли горячие споры. Вопрос касался того, является ли Вселенная «закрытой» или «открытой». В «закрытой» Вселенной процесс ее расширения, начавшийся в момент Большого взрыва, под воздействием сил тяготения постепенно замедляется и сменяется сжатием. В конечном итоге Вселенная «схлопывается» в сверхплотную точку, или происходит большой хлопок — сингулярность в конечной точке существования Вселенной. В «открытой» Вселенной замедления расширения не происходит, и этот процесс происходит вечно.

Вывод астрономов из Принстонского и Йельского университетов, Гарвардско-Смитсоновского астрофизического института и расположенной в Беркли (штат Калифорния) Национальной лаборатории имени Лоуренса однозначен — наша Вселенная является «открытой». Она продолжит вечно расширяться, и этот процесс будет даже ускоряться, поскольку во Вселенной слишком мало вещества, чтобы затормозить разлет галактик и звезд.

Как сообщила Нега Бэхколл, входившая в одну из двух принстонских «команд», изучая самые крупные из известных во Вселенной образований — скопления из сотен галактик, каждая из которых состоит из миллиардов звезд, — она пришла к выводу, что наша Вселенная является слишком «легкой», чтобы произвести большой хлопок. По ее словам, у нашей Вселенной есть только 20% массы, необходимой для получения статуса «закрытой».

В свою очередь, Рут Дэйли, входившая в другую принстонскую группу, занималась изучением процесса расширения, отслеживая «горячие радиоточки» во Вселенной — мощные источники естественного радиоизлучения, которыми являются очень горячие звезды. Согласно ее выводам, сейчас совершенно очевидно, что наша Вселенная является «открытой» и продолжит расширяться вечно. К такому

же выводу пришла и группа астрономов, которая изучала изменение скорости расширения Вселенной в зависимости от ее возраста.

Но в конечном итоге, по словам ученых, когда звезды сожгут все запасы своего ядерного топлива, Вселенная превратится в нечто, заполненное мраком и ледяными безжизненными каменными глыбами. Однако время до этого момента еще есть. По самым скромным подсчетам, до него остается около 100 млрд лет. Все эти выводы прозвучали на ежегодной конференции Американского астрономического общества [276].

Величайшей проблемой, общей для физики и астрономии, является проблема начальной сингулярности Вселенной, вопрос о том, что было до начала ее расширения, и о том, имеет ли такой вопрос смысл. Теоретическое исследование «обычных» сингулярностей, черных дыр, которые, по-видимому, имеются в центрах галактик или которые являются заключительной стадией эволюции массивных звезд, дали уже много интересных и для теории элементарных частиц выводов. Подчеркнем, что при всей фантастичности, с точки зрения «здорового смысла», многого из того, о чем говорилось, все эти выводы либо уже экспериментально или наблюдательно подтверждены, либо известны способы такой проверки.

Этого пока нельзя сказать о гипотезе, согласно которой возможно существование полузамкнутых миров, кажущихся внешнему наблюдателю элементарной частицей, а внутреннему — целой Вселенной, подобной нашей. Академик М.А. Марков, активно ее разрабатывающий, предлагает назвать эти «объекты» фридмонами, в честь А.А. Фридмана, а профессор К.П. Станюкович — планконами, в честь М. Планка; два названия подчеркивают их двойственную природу. Не исключено, что они могут быть центральной, «ядерной» частью обычных элементарных частиц, в сердцевинах которых, таким образом, заключены целые вселенные... Если подтвердится вывод о замкнутости нашей Вселенной (и вся описываемая концепция), то и ее придется называть с маленькой буквы. У нормального человека должна закружиться голова уже при мысли о том, что видит он, глядя на усыпанное звездами небо; что же сказать о той возможности, что наша Вселенная может оказаться лишь одной из бесчисленного множества вселенных, и что эти другие вселенные мы воспринимаем как микрочастицы! Будем хотя бы надеяться, что Природа не пошла по прямолинейной тупой бесконечно-

сти, что вселенные и элементарные частицы не вложены друг в друга, как матрешки, до бесконечности. Напомним, что все это — гипотеза, экстраполяция теории относительности в область очень сильных полей тяготения и сверхмалых протяженностей, что пути ее экспериментальной проверки пока неизвестны — но «в случае успеха, — говорит М.А. Марков, — мы обладали бы в высшей степени последовательной концепцией всего сущего». И в науке, и в философии вряд ли можно назвать более смелое, более глубокое — и более широкое предположение; сама возможность такой постановки вопроса говорит о неисчерпаемых возможностях естествознания.

13.3. ЦИВИЛИЗАЦИЯ

Считается, что будущее принадлежит единой науке о предельно глубоких свойствах материи, пространства и времени, науке, которую хочется назвать Астрофизикой с большой буквы. Заметим кстати, что утверждение о том, что роль лидера в науке переходит к биологии, в сущности, неприемлемо для последовательных материалистов — лидером останется Астрофизика, хотя проблема жизни и разума во Вселенной является, конечно, фундаментальной. В мире нет ничего, кроме полей и частиц, носители жизни и разума также являются системами элементарных частиц, пусть и предельно сложными. Наука об этих частицах была, есть и будет лидером естествознания. Но ныне, чтобы понять их, необходимо исследовать и всю Вселенную; эта наука есть часть Астрофизики. Случится ли когда-нибудь так, что мы узнаем что-то новое о свойствах частиц и полей, исследуя жизнь и разум?

Многие ученые обращали внимание на то странное обстоятельство, что возникновение тяжелых элементов, сложных молекул и, в конечном счете, нашей земной жизни было возможно лишь при вполне определенных соотношениях между характеристиками элементарных частиц, которые кажутся чисто случайными и вполне могли бы быть совсем другими. И вся Вселенная была бы при этом совсем другой, и нет никаких физических законов, которые могли бы запретить ей быть другой, неприспособленной для жизни!

Подход к решению этой проблемы дает, по-видимому, все чаще теперь упоминаемый «антропный принцип», наиболее лаконичная

и едва ли не первая формулировка которого принадлежит А.Л. Зельманову: «есть процессы, которые происходят без свидетелей». Другие соотношения между характеристиками частиц вполне возможны, но они несовместимы с нашим существованием и могут быть лишь в других вселенных... Мы снова приходим к концепции множественности вселенных и вместе с тем лишаемся, кажется, надежды доказать реальность их существования, ибо, по замечанию А.Л. Зельманова, то, что мы можем наблюдать, следует считать частью нашей Вселенной. Сверхвселенная, множество вселенных, в одной из которых мы заключены, подчиняется, вероятно, совершенному космологическому принципу Фреда Хойла [274, с.212]. Ю.Н. Ефремов считает, что принятие антропного принципа означает — вопреки старому доброму коперниканскому принципу — выделенность нашего обиталища, но в масштабах Сверхвселенной. Наша Вселенная выделена именно тем и потому, что в ней обитаем мы! Автору представляется, что можно сделать еще один шаг и допустить, что исходные параметры нашей Вселенной с необходимостью предопределили появление не только нашей жизни и нашего разума, но множества других сообществ мыслящих существ, которые не должны слишком сильно от нас отличаться.

По мнению крупнейших ученых, задача обнаружения других цивилизаций по своей важности сравнима лишь с проблемами физики элементарных частиц и начальных стадий расширения Вселенной. Действительно, в случае успеха мы получили бы бесценную информацию о путях развития материи, узнали бы решение не только кардинальных проблем естествознания, но, возможно, и способы ускорения социального прогресса человечества, ибо цивилизация, с которой удалось бы вступить в контакт, наверняка оказалась бы во всех отношениях впереди нас.

Ю.Н. Ефремов не разделяет взглядов И.С. Шкловского на существование других цивилизаций.

Проблема проблем — существует ли разумная жизнь вне Земли? Трудно согласиться с позицией И.С. Шкловского, крупнейшего специалиста по этой проблеме, пришедшего в последние годы к грустному выводу о нашем одиночестве во Вселенной. Несмотря на всю убедительность его аргументов (главнейший из них — разум не может остаться в своей колыбели и должен быстро распространиться по Галактике — а, по крайней мере, вблизи нас следов

его нет), они отражают наши представления о путях развития цивилизации. Могут существовать возможности, которые нам и не приходят в голову, а наблюдательных данных у нас пока нет. Вполне возможно, что мы очень давно уже смотрим на объекты, на которых разворачивается деятельность других цивилизаций, подобно тому как несколько десятилетий мы фотографировали квазары, не подозревая, что имеем дело вовсе не со звездами [274, с.213].

Связь с внеземной цивилизацией может быть установлена лишь после — в лучшем случае — десятилетий серьезной работы в этом направлении, тысячекратно более широкой по своим масштабам, чем те рекогносцировочные попытки, которые позволяют пока лишь сказать, что у ближайших звезд нет цивилизаций, непрерывно во все стороны и на всех частотах сообщающих о своем существовании, причем в доступной для нас форме. Мы сами заявили о своем существовании пока лишь однократно и весьма направленно, послав соответствующую информацию к шаровому скоплению М13. Ответного послания можно ждать через 50 000 лет! Крупнейшие на Земле радиотелескопы в состоянии принять радиосигнал, равный по мощности тому, который они сами могут послать, вплоть до центра Галактики. Среди нескольких десятков миллиардов звезд, находящихся сейчас в пределах нашей досягаемости, у многих миллионов (а может быть, и у всех есть планеты — явно побочные продукты звездообразования). Но поскольку присутствие на некоторых из них цивилизаций земного типа может быть обнаружено лишь при длительных наблюдениях, нет ничего удивительного в том, что признаки их существования не найдены до сих пор. Чтобы это сделать, надо, чтобы гигантские радиотелескопы насчитывались на Земле не единицами, а сотнями; чтобы миллионы, а не десятки подходящих звезд наблюдались не минутами, а месяцами... Необходимо и адекватное расширение возможностей оптической астрономии, без которой невозможна интерпретация данных, полученных в других диапазонах длин волн. Необходимо и более широкое, чем сейчас, изучение явлений, связанных с мощным выделением энергии, — квазаров, активных ядер галактик, сверхновых звезд. Если вспышки новых звезд объясняются взаимодействием звезд в тесных двойных системах, то вспышки сверхновых остаются, в сущности, до сих пор загадкой! Иными словами, для реальной надежды на обнаружение внеземной цивилизации нужно резкое расширение наблюдательных

возможностей астрономии, нужно уделять астрономии не меньше внимания, чем физике элементарных частиц, как об этом мечтал Л.А. Арцимович, полагая, что астрономические методы исследования поведения вещества в экстремальных состояниях не менее важны, чем физические.

Проблема внеземных цивилизаций по самой своей сути неразрывно связана со всем комплексом наших знаний о мире, и даже частные успехи астрономии отражаются на ее постановке [274, с.215]. Так, вполне может быть, как отмечает Л.С. Марочник, что положение Солнца вблизи области коротации может быть не случайным. Оно означает, что вещество, из которого образовалось Солнце, лишь однажды встретилось со спиральной волной плотности. Эта встреча и привела к рождению нашего светила и его планетной семьи, а отсутствие новых встреч гарантировало спокойное развитие жизни на Земле. В самом деле, интенсивное звездообразование, увеличенная на порядок плотность межзвездной среды и усиленное магнитное поле в ней, излучение О-звезд [274, с.215] и особенно вспышки сверхновых вполне способны если не погубить все живое, то весьма повлиять на его развитие. Далее, оценка времени жизни старейших звезд галактического диска в 5–6 миллиардов лет означает, что Солнце с его возрастом в 4,6 миллиарда лет относится к числу старейших из них. Естественно предположить, что разум, не уступающий земному, может появиться при возможности не менее длительного, чем на Земле, и спокойного развития жизни. Получается, что контакта надо искать, прежде всего, с обитателями звезд солнечного типа, расположенных вблизи области коротации и далеко от очагов звездообразования — и что цивилизаций, сильно опередивших нас в развитии, может и не существовать в нашей Галактике. Среди братьев по разуму мы можем оказаться старшими. Аргументы в пользу нашей единственности в Галактике выглядят поэтому теперь слабее.

Ближайшие к Солнцу и похожие на него звезды остаются наиболее вероятными объектами для поисков цивилизации, похожей на нашу и которую мы поэтому имеем больше шансов понять. Отрицательные результаты проведенных уже поисков сигналов от этих звезд (т.е. от обитателей их планетных систем) пока что ни о чем не говорят. Анализ, который провела Д. Тартер, показывает, что в пространстве частот, чувствительности и направлений, в ко-

торых производились поиски, исчерпано лишь 10^{-17} его объема. Это в тысячи раз меньше, чем та доля, которую составляет объем иголки от объема стога сена! И к этому надо добавить еще ничтожную длительность поисков.

Американские астрономы предполагают для дальнейших наблюдений ближайших звезд использовать уже существующие большие антенны, такие как 300-метровый радиотелескоп в Аресибо и антенны станций дальнего слежения, используемые в основном для связи с межпланетными зондами. Приемная аппаратура, однако, будет новой и непревзойденной по чувствительности и, главное, по многоканальности. Она сможет одновременно регистрировать излучение в 8 миллионах частотных каналов, причем каждый из них будет покрывать весьма узкую полосу частот — от 1 до 32 герц. Действительно, как показывает земной опыт, разумные сигналы обычно являются узкополосными, а длина волны, на которой излучает чужая цивилизация, заранее неизвестна. Большинство астрономов считает, что она должна быть близка к 21-сантиметровому естественному стандарту длин волн, поскольку на этой волне излучает нейтральный водород; диапазон от 1 до 30 см удобен и потому, что в нем минимально поглощение излучения в космической среде, а чувствительность наших приемников максимальна. Однако, скорее всего, мы поймем не предназначенный для связи с нами сигнал, а случайную утечку информации или просто ради фон, создаваемый цивилизацией (вроде излучения наших телевизионных передатчиков, уходящего и к нам, и к звездам), — и на какой частоте, неизвестно...

Начальный этап этой программы требует затраты 12 млн долларов за пять лет — 0,04% от общего бюджета космических исследований. Это позволит создать и испытать 74 000-канальный прототип восьмимиллионноканального спектроанализатора. Но на пути к внеземному разуму встал сенатор Вильям Проксмайр из штата Висконсин. Он полагает, что уж если искать разум, то «надо начать как раз здесь, в Вашингтоне. Достаточно трудно найти здесь разумную жизнь. Даже может быть труднее, я мог бы сказать, чем найти ее за пределами Солнечной системы». (В этом с сенатором трудно не согласиться, хотя и по другим причинам.) Аргументы Проксмайра интересно рассмотреть, поскольку они отражают не только его мнение. Во-первых, говорит он, полная стоимость программы составит 50,9 млн долларов за десять лет — роскошь, которую

нельзя себе позволить. Во-вторых, есть много шансов за то, что вземные мыслящие существа вообще не существуют. В-третьих, коммуникации на расстоянии порядка миллионов световых лет вообще представляются ему бессмысленными (хотя программа ориентирована, прежде всего, на звезды, лежащие не далее 25 пк).

Ну что тут можно сказать? В мире, в котором каждую минуту сотни детей умирают от голода, тратить миллионы на поиски вземного разума, казалось бы, преступно. Но доллары, которые не отдадут описываемому проекту, не будут затрачены на спасение детей. Полная стоимость десятилетнего осуществления программы проекта — это лишь двадцатая часть стоимости атомной подводной лодки. Это искусное творение человеческого разума (в случае, если оно будет использовано по назначению) уничтожит за доли секунды несколько миллионов людей. Нам не удастся пока справиться с нашими земными проблемами. Но может быть, мы сумеем поймать сигналы разумных существ, которые помогут человечеству избежать самоуничтожения. Одно только получение таких сигналов будет означать, что самоубийство — не обязательный конец развития цивилизации.

Надежду на лучшее будущее дают представления о путях развития истинно разумной цивилизации, которые развивает Г.М. Идлис. Он отмечает, что цивилизации, которые перестают развиваться, по существу, перестают заслуживать это название; это следует уже из того, что «необходимость экспоненциального развития науки заложена в ней самой». Согласно теореме Геделя, в рамках любой достаточно содержательной теории всегда можно сформулировать утверждение, которое нельзя ни доказать, ни опровергнуть в пределах аксиоматики, на которой основана эта теория, так что при ее обобщении приходится иметь дело с двумя альтернативными возможностями. Решение действительно важной проблемы обязательно порождает несколько новых нерешенных проблем, и с многочисленными случаями такого рода мы встречались в этой книге. Развитие науки и цивилизации требует систематического роста материальных и энергетических ресурсов, и даже выход за пределы Солнечной системы сравнительно ненадолго спасет положение. Стабилизация уровня потребляемой энергии даже на уровне всегалактическом должна быть неприемлемой для цивилизации, и Г.М. Идлис предполагает, что она должна найти способ перейти к космологической экспансии — «внутри» элементарных частиц, в

другие вселенные. Тогда и на нашей Земле, говорит Г.М. Идлис, жизнь, возможно, «возникла не случайно, а в результате разумной деятельности (или информационного проникновения) некоторой неизмеримо более развитой сверхцивилизации». Этим может объясняться и поразительная универсальность генетического кода, побудившая Ф. Крика и Ф. Хойла возродить идею панспермии. Эти представления, в сущности, созвучны высказываниям великого русского ученого-энциклопедиста В.И. Вернадского (1863–1945) о невозможности проследить возникновение жизни на Земле, о ее «вечности», о том, что деятельность человека является неотъемлемой и неуничтожимой составляющей биосферы и становится уже определяющим фактором ее развития. Еще дальше идут представления французского антрополога и философа П. Тейяра де Шардена (1881–1955) о неотвратимости появления разумной жизни и объединения людей Земли в процветающей сфере познающего разума — ноосфере, об исключительной роли человека во Вселенной. В этих идеях можно усмотреть глубинную связь с антропным принципом. «Поистине мир — это слишком великое дело, — говорит Тейяр де Шарден. — С самого начала, чтобы породить нас, он вел чудесную игру со слишком многими невероятностями. Мы чувствуем, что через нас проходит волна, которая образовалась не в нас самих. Она пришла к нам издалека, одновременно со светом первых звезд. Она добралась до нас, сотворив все на своем пути. Дух поисков и завоеваний — это постоянная душа эволюции».

13.4. ЧЕЛОВЕК — МЕРА ВСЕХ ВЕЩЕЙ

Осознавая себя и происходящие явления в окружающем мире, осваивая и изучая его, человек в силу необходимости пришел к таким понятиям, как материя, пространство и время.

В создании феноменологической гравитационной физической картины мира неопределима роль Ньютона. Он впервые сознательно отказался от поисков конечных причин, явлений и законов и ограничился точным изучением количественных проявлений закономерностей в природе. Ньютон обобщил в своей универсальной теории тяготения новые астрономические, физические и географические факты в качестве отдельных элементов его теории гравитации,

открытые Кеплером на базе гелиоцентрической системы Коперника кинематические законы планетарных движений, открытые Галилеем закономерности прямолинейного движения тел под действием сил, теорию центростремительной силы, возникающей при криволинейном движении, построенную Гюйгенсом. Все процессы происходят в абсолютном пространстве и времени. Вершиной творчества Ньютона стала его теория тяготения и провозглашение первого действительно универсального закона природы — закона всемирного тяготения. Тяготение стало эмпирически обоснованным постулатом, утверждавшим, что эта сила универсальна, проявляется между любыми материальными частицами, независимо от их конкретных качеств и состава, и всегда пропорциональна их массам и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Причину и природу тяготения Ньютон не объяснил и не обсуждал. Через два с лишним века, заменив абсолютное пространство и время абсолютной скоростью распространения сигнала, Эйнштейн дал новое объяснение сущности гравитации в общей теории относительности.

На наш взгляд, замена одной абсолютной величины другой не может решить вопроса принципиально, хотя и дает неординарное решение проблемы. При анализе научных теорий, концепций, парадигм, раскрывающих те или иные природные процессы, следует иметь в виду, что это всего лишь некоторые модели разной глубины и сложности. Но существуют такие явления, которые эти модели объяснить не могут. Проблема заключается в недостаточном знании окружающего нас мира. Поэтому должна быть предложена новая нестандартная гипотеза. Автор предлагает связать течение и понятие времени с движением наблюдателя. Движущийся наблюдатель определяет по-своему пространство и время в связанной с ним системе координат, что дает возможность получить определенные конкретные числовые значения параметров, по крайней мере, существующей системы отсчета Земля–Солнце.

Мысль человека всегда опережает его реальные возможности и указывает на новые цели и проблемы.

Одна из таких проблем — множественность обитаемых миров. В силу комплексности проблемы ее должны исследовать астрономы, радиофизики, биологи, социологи, экономисты. Сегодня очевидно, что разумная жизнь во Вселенной — феномен необыкновенно редкий, а может, даже уникальный.

По мере развития науки, и прежде всего астрономии, идеи о множественности обитаемых миров становились все более конкретными и привлекательными. Большинство греческих философов, как материалистов, так и идеалистов, считали, что наша Земля никоим образом не является единственным обиталищем разумной жизни [277, с.10–11].

В последующее тысячелетие христианская религия, опираясь на учение Птолемея, считала Землю средоточием Вселенной. Ясно, что в то время о возможности существования множества обитаемых миров не могло быть и речи.

Интерес к поиску жизни в других мирах в последние годы увеличился, и появились проблемы установления связи с другими разумными существами. Судя по обилию информации о посещениях инопланетянами различных районов нашей планеты разного рода и вида НЛО, с необходимостью возникает вопрос о возможности контактов инопланетян с землянами. Достоверных научных сведений о контактах не существует, но появилось множество «контактеров», утверждающих, что они ведут продолжительные телепатические беседы с представителями внеземных цивилизаций. «Пытаясь возродить интерес к НЛО, уфологи приводят новые факты о проявлении этого феномена, которые обычно оказываются либо мало убедительными, либо вообще смахивают на дешевую мистификацию» [277, с.10–11].

Несмотря на изобилие информации об НЛО, не удалось получить ни одного бесспорного доказательства инопланетного происхождения этого феномена. Утверждением существования феномена НЛО служит обилие свидетельских показаний, фотокинодокументы и радарные наблюдения. Предполагается, что Земля стала объектом интереса не одной, а нескольких цивилизаций. Вероятность этого предположения основана на многомерности пространства и времени. Поэтому раскрытие сущности многомерности пространства должно привести к совершенствованию способов обмена информацией между различными цивилизациями. Вполне вероятно, что межпланетным контактам мешает не столько языковой барьер, сколько интеллектуально-информационная несовместимость между представителями различных биологических форм жизни, преодолеть которую, вероятно, будет не проще, чем добраться до обитаемых планет.

По всей вероятности, в пределах Вселенной существует бесчисленное количество центров, в которых зародилась разумная жизнь, и причем ее формы и уровень развития также очень разнообразны, от самых простых до очень сложных и совершенных. Человечество в этой иерархии находится где-то на первых, начальных стадиях развития. Поверхностный анализ дает право предположить, что низшая, или гуманоидная, группа, ее представители сформировались на разных планетах, а поэтому отличаются друг от друга по внешнему виду, размером и физиологическому строению. Они сравнительно недавно, если судить по астрономическим масштабам, приобрели возможность перемещаться на громадные в нашем понимании расстояния, используя свойства высших измерений. По внешнему виду они человекоподобны. Некоторые из них пользуются какими-то техническими средствами (летающие тарелки), другие могут обходиться и без них (снежные люди).

А. Холин («Демократическая Россия») другого мнения о контактах с представителями других миров. По его мнению, «сегодня ни для кого не секрет, что НЛО — не миф и не коллективные галлюцинации психически неуравновешенных индивидуумов. Но поскольку в нашей стране все были напрочь заняты построением светлого будущего, то американцы первые серьезно подошли к проблеме неопознанных летающих объектов».

Он ссылается на экспедицию Михаила Ельцина и Николая Лебедева в 1983 году, которая контактировала с внеземной цивилизацией осязаемо и плодотворно на южном склоне Гиссарского хребта (район Памира). Достоверность подтверждается присутствием двух других экспедиций с авторитетными гражданами бывшего СССР.

Инопланетное существо явилось в образе большого планетного тора. Суть контакта состояла в обмене информацией. В переводе на русский язык это значит, что речь шла о жизни человека на Земле. Никто не собирается нападать на землян или давать им десятилетний период на исправление. Но человеку все же придется как-то выпутываться из катастрофы, в которую он вверг и себя, и Землю, и Космос [278].

Возвращаясь к пришельцам, никак нельзя обойти проблему времени. Давно уже известно четвертое измерение — время. Но наука землян имеет о нем весьма смутное представление. После контакта с инопланетянами стало известно, что топлива на летательных ап-

паратах пришельцев нет. Они используют разницу во времени вращения планет и получают живительную энергию, позволяющую им летать с такими огромными скоростями. Вот только делиться с нами, землянами, своими знаниями они не станут: человек еще столь агрессивен, что, получив власть над временем, уничтожит не только себя, но и другие миры.

Идеи о возможности управления временем и пространством сегодня достаточно распространены. Для этого используют и выводят новые понятия, такие как «хронон» — у А.И. Вейника или «фундаментон» — у И. Герловича, которые, по мысли авторов, должны объединить в единую теорию весь физический мир. Естественно, что движение в этих теориях происходит со скоростями, большими скорости света, и путешествие в неземные цивилизации не сложнее, чем обычный пикник на «природе».

На новой основе может быть решена проблема контактов и обмена информацией с внеземными цивилизациями, так как нынешние попытки осуществить их с помощью радиоволн не принесли успеха. Говоря о возможных и невозможных теориях, связанных с Вселенной, мировой цивилизацией, с превращениями в пространстве, времени, следовало бы сначала объяснить значения мировых констант, которые сами являются результатом отражения окружающего мира через принятые теории в сознании наблюдателя.

Если отдавать предпочтение оригинальным теориям и уникальности их предвиденья, то в смысле уникальности следует выделить человека как самое уникальное явление Вселенной. С момента собственного осознания, с появлением способности выражать свои мысли, чувства посредством знаков и символов человек изучает себя. Процесс познания характеризуется способностью человека оценивать реальность по своим меркам. Протагор был одним из первых, кто выделил человека и задумался над его оценкой, сравнил с другими существами, окружающим миром. Ему принадлежит широко известный афоризм — «Человек есть мера всех вещей». Уникальное свойство, которое присуще только человеку, — разум. Природа, космос, социальная действительность осмысливаются человеком через самого себя. Все явления мира воспринимаются с точки зрения опыта и ценностей человека. Поэтому окружающий мир и существующая Вселенная — это теоретический результат человеческого творчества. Подобная точка развивается сторонниками идей антроп-

ного принципа [279]. Основная идея антропного принципа состоит в том, что фундаментальные свойства Вселенной, значения основных физических констант и даже форма физических закономерностей тесно связаны с фактором структурности Вселенной во всех масштабах, от элементарных частиц до сверхскоплений галактик, с возможностью существования условий, при которых возникают сложные формы движения материи и, в конце концов, жизнь и человек.

Проблема возникновения структурности и жизни во Вселенной традиционно трактуется следующим образом. Окружающая нас Вселенная обладает определенными физическими свойствами и закономерностями, познаваемыми нами. Как в таком случае происходит эволюция Вселенной, приводящая к достаточно сложным структурам, как зарождается и эволюционирует в такой Вселенной жизнь? От ответа на эти во многом еще не решенные вопросы зависят ответы на такие вопросы: возможна ли жизнь в других областях Вселенной и в другие времена и как ее искать? Когда обращаются к космологии, которая должна описать свойства одной единственной системы — нашей Вселенной, вопрос о начальных данных и фундаментальных постоянных неразрывно связан с вопросом, почему Вселенная именно такая, какой мы ее наблюдаем?

Суть антропного принципа заключается в следующем: Вселенная такова, какой мы ее видим, потому что в ней существуем мы, т.е. наблюдатели, способные задать вопрос о свойствах Вселенной. При других параметрах во Вселенной невозможны сложные структуры и жизнь в известных нам формах [279].

Жизнь в известных нам формах — это все-таки Земля и наша Вселенная. Если отражение мира зависит от наблюдателя, а он практически определил размеры и масштабы микро- и макромира, то подобные нам, обладающие сознанием, должны иметь и систему, подобную земной. Жизнь в других мирах возможна, если там существует система с земными параметрами. Пока же приходится разделять точку зрения И.С. Шкловского: «Познаваемая нами картина Вселенной исключает наличие в ней разумной деятельности космического масштаба. Вывод о том, что мы одиноки в Галактике, обосновывается значительно лучше, чем концепция множественности обитаемых миров».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Симанов А.Л.* Методологическая функция философии и научная теория. — Новосибирск, 1986.
2. *Салам А.* Фундаментальная структура материи. — М., 1984.
3. *Девис П.* Суперсила: Поиски единой теории природы. — М., 1989.
4. *Вести АН СССР.* — М., 1989. — №4.
5. *Вайскопф В.* УФН. — 1968. — Т.95. — Вып. 2.
6. *Гейзенберг В.* Введение в единую полевую теорию элементарных частиц. — М., 1968.
7. *Ильин В.А., Позняк Э.Г.* Аналитическая геометрия. — М.: Наука, 1981.
8. *Дубровский и др.* Релятивистский мир. — М., 1988.
9. *Мостепаненко А.М.* Проблема универсальности основных свойств пространства и времени. — Л., 1969.
10. *Шок Г.* Геометрия. — М.: Мир, 1970.
11. *Омельяновский М.Э.* Философия борьбы в современной физике // Вопросы философии. — 1976. — №2.
12. *Молчанов Ю.Б.* Проблема субъекта (наблюдателя) в современной физике. Диалектика и современные научные познания. — 1983.
13. *Бор Н.* Квантовая физика и философия // Избр. науч. труды, т.2. — М., 1971.
14. *Фок В.А.* Квантовая физика и философские проблемы. В кн.: Ленин и современное естествознание. — М., 1969.
15. *Эйнштейн А.* Замечания к статьям // Собр. науч. трудов, т.4. — М., 1967.
16. *Франк Ф.* Философия науки. — М., 1960.
17. *Bunge M.* Quantum Physics and Measurement. «International Journal of Quantum Chemistry». — N.Y., 1977. — Vol.XII, suppl 1.
18. *Марков М.А.* О природе материи. — М., 1976.
19. *Бор Н.* Квантовый постулат и новейшее развитие атомной науки. — Цит. соч.
20. *Фок В.А.* Квантовая физика и философские проблемы // Вопросы философии. — 1970. — №4.
21. *Эйнштейн А.* Сущность теории относительности // Собр. науч. трудов, т.2. — М., 1966.
22. *Ахундов М.Д.* Пространство и время в физическом познании. — М.: Мысль, 1982.
23. *Аристотель.* Соч. в 4-х тт., т.1. — М., 1975.
24. *Набуи.* Почему нет свободных кварков? // Успех физических наук. — 1978. — Т.124. — Вып. 4.
25. *Кессиди Ф.Х.* От мира к логосу: Становление греческой философии. — М.: 1972.
26. *Вяльцев А.Н.* Дискретное пространство-время. — М., 1965.
27. *Лукреций.* О природе вещей. — Т.11.
28. *Секст Эмпирик.* Соч. в 2-х тт., т.2. — М., 1976.
29. *Аристотель.* Соч. — Т.3.
30. *Молчанов Ю.Б.* Четыре концепции времени и философии в физике. — М., 1977.

31. *Джохадзе Д.В.* Диалектика Аристотеля. — М., 1971.
32. *Эйнштейн А.* Собр. науч. трудов, т.4. — М., 1967.
33. *Ахутин А.В.* История принципов физического эксперимента (от античности до XVII в.). — М., 1976.
34. *Паули В.* Физические очерки. — М., 1975.
35. *Галилей Г.* Диалог о двух главнейших системах мира — птолемеевой и коперниковой. — М.–Л., 1948.
36. *Маркс К, Энгельс Ф.* Соч. — Т.2.
37. *Коуре А.* Une experience de mesure. Etudes d'histoire de la pensee scientifigue. — Paris, 1966.
38. *Галилей Г.* Беседы и математические доказательства. — М.–Л., 1934.
39. *Форд К.* Мир элементарных частиц. — М., 1965.
40. *Хьюз В.* Принцип Маха и эксперименты по анизотропии массы. Гравитация и относительность. — М., 1965.
41. *Планк М.* Единство физической картины мира. — М., 1966.
42. *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии. — М.–Л., 1936.
43. *Риман Б.* О гипотезах, лежащих в основе геометрии. Об основаниях геометрии. — М., 1956.
44. *Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М.* Фейнмановские лекции по физике, т.3. — М., 1965.
45. *Гюйгенс Х.* Трактат о свете. — М.–Л., 1935.
46. *Дьюрелл К.* Азбука теории относительности. — М., 1970.
47. *Борн М.* Эйнштейновская теория относительности. — М., 1963.
48. *Принцип относительности: Сборник работ по специальной теории относительности.* — М., 1973.
49. *Паули В.* Физические очерки. — М., 1975.
50. *Tornebohm H.* Two studies concerning the Michelson–Morley experiment // Foundations of Physics. — 1970. — №1.
51. *Кесуани Дж.* Возникновение теории относительности. Принцип относительности. — М., 1973.
52. *Ленин В.И.* Полн. собр. соч., т.18.
53. *Пуанкаре А.* Наука и метод. — СПб., 1910.
54. *Борн М.* Физика в жизни моего поколения. — М., 1967.
55. *Гинзбург В.Л.* О теории относительности. — М., 1979.
56. *Эйнштейн А.* Собр.науч. трудов, т.1. — М., 1965.
57. *Мандельштам Л.И.* Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. — М., 1972.
58. *Минковский Г.* Пространство в время. Принцип относительности. — М., 1973.
59. *Эйнштейн А.* Собр. науч. трудов, т.2. — М., 1966.
60. *Успехи физических наук.* — 1966. — Т.8. — Вып. 1.
61. *Bridgman P.W.* Eiasten's Theories and the operational point view / Albert Einstein philosopher-scientist Evanston. — 1949.
62. *Крымский С.Б.* Научное знание и принципы его трансформации. — Киев, 1974.
63. *Лауэ М.* Статьи и речи. — М., 1969.
64. *Пуанкаре А.* Измерение времени. Принцип относительности. — М., 1973.
65. *Траутман А.* Общая теория относительности // Успехи физических наук. — 1966. — Т.89. — Вып. 1.

66. Раишевский П.К. Риманова геометрия и тензорный анализ. — М., 1964.
67. Roll P.G., Krotkov R., Dicke R.H. The equivalence of inertial and passive gravitational mass // Annalen of physics. — 1964. — Vol.26.
68. Брагинский В.В., Полов В.И. Проверка эквивалентности инертной и гравитационной масс // Журнал экспериментальной и теоретической физики. — 1971. — Т.61. — Вып. 3.
69. Пуанкаре А. Ценность науки. — М., 1906.
70. Чудинов Э.М. Теория относительности и философия. — М., 1975.
71. Эйнштейновский сборник, 1971. — М., 1972.
72. Эйнштейновский сборник, 1974. — М., 1976.
73. Брагинский В.Б. Экспериментальная проверка теории относительности. — М., 1977.
74. Руденко В.Н. Релятивистские эксперименты в гравитационном поле // Успехи физических наук. — 1978. — Т.126. — Вып. 3.
75. Станис Л.Я. К двум противоположным взглядам на пространство-время // Философские вопросы квантовой физики. — М., 1970.
76. Уиллер Дж. Предвидение Эйнштейна. — М., 1970.
77. Зельдович Я.Б. Новиков И.Д. Строение и эволюция Вселенной. — М., 1975.
78. Турсунов А. Проблемы моделирования в космологии (гносеологические аспекты) // Философские проблемы астрономии XX века. — М., 1976.
79. Девис П. Пространство и время в современной картине Вселенной. — М, 1979.
80. Творения блаженного Августина, епископа гиппонийского, ч.1. — Киев, 1880.
81. Аскин Я.Ф. Проблема времени. Ее философское истолкование. — М., 1966.
82. Философские проблемы астрономии XX века. — М., 1987.
83. Зельдович Я.Б., Хлопов М.Ю. Масса нейтрино в физике элементарных частиц и космологии ранней Вселенной // Успехи физических наук. — 1981. — Т.135. — Вып. 1.
84. Misner Cr.W. The Absolute Zero of Time // Physical Review. — 1969. — Vol.86.
85. Хокинг С., Эллис Дж. Крупномасштабная структура пространства-времени. — М., 1977.
86. Шкловский И.С. Звезды: их рождение, жизнь и смерть. — М., 1975.
87. Рис М., Руффини Р., Уилер Дж. Черные дыры, гравитационные волны и космология. — М., 1977.
88. Черные дыры. — М., 1978.
89. Уилер Дж. Гравитация, нейтрино и Вселенная. — М., 1979.
90. Бройль Л. де. Революция в физике. — М., 1963.
91. Зоммерфельд А. Термодинамика и статистическая физика. — М., 1955.
92. Ахундов М.Д. Пространство и время в аксиоматическом подходе к физической теории // Философские науки. — 1978. — №2.
93. Эйнштейн А. Собр. науч. трудов, т.3. — М., 1966.
94. Омеляновский М.Э. Диалектика в современной физике. — М., 1973.
95. Эддингтон А. Относительность и кванты. — М., 1986.
96. Принцип соответствия. — М., 1989.
97. Раджабов У.А. Динамика естественнонаучного знания (системно-методологический анализ). — М., 1982.
98. Полак Л.С. Возникновение волнового аспекта квантовой механики: 50 лет квантовой механике. — М., 1979.

99. Бунге М. Философия физики. — М., 1968.
100. Гейзенберг В. Теория, критика и философия // Успехи физических наук. — 1970. — Т.102. — Вып. 2.
101. Heisenberg W. Der Teil und das Ganze. — 1959.
102. Мицкевич Н.В. Микромир и пространство-время. Пространство и время в современной физике. — Киев, 1968.
103. Фейнман Р. Характер физических законов. — М., 1968.
104. Фейнман Р., Хибс А. Квантовая механика и интегралы по траекториям. — М., 1968.
105. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. — М., 1963.
106. Философия естествознания. — Вып. 1.
107. Панченко А.И. Логико-гносеологические проблемы квантовой физики. — М., 1981.
108. Розенфельд Л. Основания квантовой теории и дополнительность. Новые проблемы физики. — М., 1965.
109. Барашенков В.С. Проблемы субатомного пространства и времени. — М., 1973.
110. Зельдович Я.Б. Теория вакуума, быть может, решает загадку космологии // Успехи физических наук. — 1981. — Т.133. — Вып. 3.
111. Чернин А.Д. Физика времени. — М.: Наука, 1987.
112. Рейхенбах Г. Направление времени. — М., 1962.
113. Шипов Г.И. Теория физического вакуума. — М.: Наука, 1985.
114. Барашенков В.С. Кварки. Протоны. Вселенная. — М.: Знание, 1987.
115. Бялко А.В. Наша планета Земля. — М.: Знание, 1987.
116. Новиков И.Д. Эволюция вселенной. — М.: Наука, 1983.
117. Рейхенбах Г. Философия пространства и времени. — М.: Прогресс, 1985.
118. Завельский Ф.С. Время и его измерение. — М.: Наука, 1987.
119. Мах Э. Механика. Историко-критический очерк ее развития. — СПб., 1909.
120. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т.20.
121. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т.20.
122. Максвелл К. Материя и движение. — М., 1924.
123. Демин В.Н. Основной принцип материализма. — М., 1983.
124. Ньютон И. Математические начала натуральной философии / Цит. по: Крылов А.Н. Собрание трудов. — М.—Л., 1936. — Т.7.
125. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т.20.
126. Демин В.Н. Основной принцип материализма. — М.: Политиздат, 1983.
127. Страницы автобиографии В. И. Вернадского. — М., 1981.
128. Барашенков В.С., Блохинцев Д.И. Ленинская идея неисчерпаемости материи в современной физике. В кн.: Ленин и современное естествознание. — М., 1974.
129. Барашенков В.С. Проблемы субатомного пространства и времени. — М., 1973.
130. Демин В.Н. Основной принцип материализма. — М.: Политиздат, 1983.
131. Демин В.Н. Основной принцип материализма. — М.: Политиздат, 1983.
132. Дышлевый П.С. Материалистическая диалектика и физический релятивизм. — Киев, 1972.
133. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т.49.
134. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т.33.
135. Александров А.Д. О философском содержании теории относительности. В кн.: Эйнштейн и философские проблемы физики XX века. — М., 1976.

136. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т.20.
137. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т.26, ч. III.
138. Демин В.Н. Основной принцип материализма. — М.: Политиздат, 1983.
139. Демин В.Н. Основной принцип материализма. — М.: Политиздат, 1983.
140. Ленин В.И. Полн. собр. соч., т.18.
141. Математика в современном мире. — М., 1967.
142. Александров П.С. Введение в теорию множеств и общую топологию. — М., 1977.
143. Демин В.Н. Основной принцип материализма. — М.: Политиздат, 1983.
144. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т.49.
145. Мелюхин С.Т. К философской оценке современных представлений о свойствах пространства и времени в микромире. В кн.: Философские проблемы физики элементарных частиц. — М., 1963.
146. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т.20.
147. Джеммер М. Понятие массы в классической и современной физике. — М., 1967.
148. Кант И. О форме и принципах чувственно воспринимаемого и умопостижаемого мира. Сочинения, т.2. — М., 1964. — С.400.
149. Чижевский А.Л. Вечное теперь (беседа о времени). Публикация Л.В. Голованова. — М., 1971.
150. Томилин А. Занимательно о космогонии. — М.: Молодая гвардия, 1975. — С.13.
151. Роджерс Ч. // Наука и жизнь. — 1974. — №1. — С.14–23.
152. Каспер У. Тяготение — загадочное и привычное. — М.: Мир, 1987.
153. Лауэ М. Статьи и речи. — М.: Наука, 1969. — С.258–318.
154. Шмутцер Э. Теория относительности. Современное представление. — М.: Мир, 1981.
155. Иванов Б.Н. Принципы современной физики. — М.: Наука, 1973.
156. Фейнман Р. Теория тяготения // Наука и жизнь. — 1965. — №1. — С.74–81.
157. Подольный Р.Г. Чем мир держится? — М.: Знание, 1978.
158. Барашенков В.С. Кварки, протоны, Вселенная. — М.: Знание, 1987.
159. Гинзбург В.Л. // Наука и жизнь. — 1988. — №1.
160. Владимиров Ю.С. Квантовая теория гравитации // Эйнштейновский сборник, 1972. — М.: Наука, 1974.
161. Уиллер Дж. Гравитация, нейтрино и Вселенная. — М.: ИИЛ, 1962.
162. Бронштейн М.П. ЖЭТФ, 6, 195, 1936 (Квантование гравитационных волн).
163. Ишам, Салам, Стрэдди (C. J. Isham, A. Salam, J. Strathdee). Phys. Rev. D, 3, 1805, 1971 (Устранение расходимостей в квантовой электродинамике учетом гравитации).
164. Салам, Стрэдди (A. Salam, J. Strathdee). Preprint, Internat. Centre for theoret. Physics, 1970. Miramare–Trieste (Квантовая гравитация и расходимости в квантовой электродинамике).
165. Дирак П.А. Доклад на 3-й Международной гравитационной конференции. Варшава, 1962 (Движение протяженной частицы в гравитационном поле).
166. Марков М.А. Ann Phys. (USA). 59, 109, 1970 (Замкнутая Вселенная и законы сохранения электрич., барионного и лептон. зарядов).
167. Станюкович К.П. К вопросу о теории связи космологических и квантовых констант // Теория относительности и гравитация. — М., 1971. — С.3.
168. Владимиров Ю.С. Различные формулировки ОТО // Теория относительности и гравитация. — 1971. — С.40.

169. *Философские* проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии: Сборник. — Киев: Наукова думка, 1964 (статьи М.Ф. Широкова, А.З. Петрова, Д.Д. Иваненко).
170. *Циммерман (E.J. Zimmermann)*. Amer. J. Phys., 30, 97, 1962 (Микроскопическая интерпретация пространства-времени).
171. *Владимиров Ю.С.* Различные формулировки ОТО // Теория относительности и гравитация. — 1971.
172. *Мицкевич Н.В.* Физические поля в общей теории относительности. — М.: Наука, 1969.
173. *Наука и жизнь*, №19, 1988.
174. *Наука и жизнь*, № 2, 1987.
175. *Наука и жизнь*, № 3, 1987.
176. *Фрейман Р.* Характер физических законов. — М.: Мир, 1968.
177. *Наука и жизнь*, №№ 1–3, 1968.
178. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Статистическая физика. — М.: Наука, 1964.
179. *Техника молодежи*, №10, 1986.
180. *Уилл К.* Теория и эксперимент в гравитационной физике. — 1985.
181. *Гинзбург В.Л.* О физике и астрофизике. — М., 1979.
182. *Фирсов В.А.* Философско-методологический анализ проблемы единства физики в концепции калибровочных полей. — М., 1985.
183. *Акчурина И.А.* Единство естественнонаучного знания. — М., 1974.
184. *Акчурина И.А., Ахунов М.Д.* Эйнштейн и развитие понятия пространства // Эйнштейн и философские проблемы физики XX века. — М., 1979.
185. *Мостепаненко А.М.* «Дополнительность» физики и геометрии: Эйнштейн и Пуанкаре // Эйнштейн и философские проблемы физики XX века. — М., 1981.
186. *Ахунов М.Д., Баженов Л.Б.* Физика на пути к единству. — М., 1985.
187. *Барашенков В.С.* Существуют ли границы науки: количественная и качественная неисчерпаемость материального мира. — М., 1982.
188. *Коноплева Н.П., Соколик Г.А.* Симметрии и типы физических теорий // Вопросы философии. — 1972. — №1.
189. *Манасян А.С.* Методологические принципы объективности знания и единства науки // Единство научного знания. — М., 1988.
190. *Визгин В.П.* Единые теории поля в последней трети XX века. — М., 1985.
191. *Визгин В.П.* Методологические принципы и научно-исследовательские программы // Методологические проблемы историко-научных исследований. — М., 1982.
192. *Никифоров А.Л.* Основы дифференциации наук // Единство научного знания. — М., 1988.
193. *Вейль Г.* Гравитация и электричество // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. — М., 1979.
194. *Коноплева Н.П., Попов В.Н.* Калибровочные поля. — М., 1980.
195. *Хоофт Г.* Калибровочные теории сил между элементарными частицами // УФН. — 1981. — Т.135. — Вып. 3.
196. *Янг Ч.* Эйнштейн и физика второй половины XX века // УФН. — 1980. — Т.132. — Вып. 1.
197. *Янг Ч., Миллс Р.* Сохранение изотопического спина и изотопическая инвариантность // Элементарные частицы и компенсирующие поля. — М., 1964.

198. Пуанкаре А. Наука и гипотеза // Пуанкаре А. О науке. — М., 1983.
199. Мизнер Г., Уилер Дж. Классическая физика как геометрия // Гравитация, нейтрино и Вселенная. — М., 1962.
200. Барашенков В.С. Общая теория относительности и микромир // Эйнштейн и философские проблемы физики XX века. — М., 1977.
201. Гегель Г. Энциклопедия философских наук, т.2: Философия природы. — М., 1975.
202. Картан Э. Теория групп и геометрия // Об основаниях геометрии. — М., 1956.
203. Энтони С. Суперструны // УФН. — 1986. — Т.150. — Вып. 4.
204. Кройц М. Физика высокой энергии // УФН. — 1984. — Т.143. — Вып. 2.
205. Макеенко Ю.М. Метод Монте-Карло в калибровочных теориях // УФН. — 1984. — Т.143. — Вып. 2.
206. Березинский В.С. Объединенные калибровочные теории и нестабильный протон // Природа. — 1984. — №11.
207. Кас М. On some connections between probability theory differential and integral equations // Proc. Symp. Statist. Probl. — Berkeley, 1951.
208. Бажанов В.А. Проблема полноты квантовой теории: поиск новых подходов. — Казань, 1983.
209. Грин М. Теория суперструн в реальном мире // УФН. — 1986. — Т.150. — Вып. 4.
210. Ахудинов М.Д., Баженов Л.Б. Физика на пути к единству. — М., 1985.
211. Фридман А.А. Мир как пространство и время. — М.: Наука, 1965.
212. Филонович С.Р. Самая большая скорость. — М.: Наука, 1983.
213. Франкфурт У.И., Френк А.М. Оптика движущихся сил. — М.: Наука, 1972.
214. Тарасов В.Л. Оптика, рожденная лазером. — М.: Просвещение, 1977.
215. Экология человека и технологий / Под ред. А.С. Гринина. — Калуга: Облиздат, 1999.
216. Рабинович Б.В., Каменарович М.Б., Шадрин Л.В. Получение отливок в бегущем поле // Литейное производство. — 1974. — №9.
217. Рабинович Б.В., Каменарович М.Б., Шадрин Л.В. Формирование усадочной раковины в плоских отливках при положении бегущего поля // Литейное производство. — 1974. — №12.
218. Каменарович М.Б. Особенности течения металла в бегущем магнитном поле // НТК КФ МВТУ им. Н.Э. Баумана. — Калуга, 1977.
219. Рабинович Б.В., Каменарович М.Б., Крылов О.В. Формирование усадочной раковины в бегущем электромагнитном поле // Известия вузов: Черная металлургия, №11. — М., 1981.
220. Крылов О.В., Каменарович М.Б. Усадка металла в бегущем магнитном поле // Литейщик России. — 2002. — №7/8.
221. Каменарович М.Б. Особенности течения расплава в МГД-формах // Сборник научных трудов МНТК: Прогрессивные технологические процессы и оборудование в литейном производстве. — М.: МГТУ–МАМИ, 2002. — 100 с.
222. Словарь Академии Российской. — СПб., 1789.
223. Русский энциклопедический словарь / Под общей редакцией почетного академика К.К. Арсеньева. — СПб., 1911.
224. Большая Советская Энциклопедия. 3-е издание. — М., 1971.

225. *Философский энциклопедический словарь*. — М.: Советская энциклопедия, 1983.
226. *Энциклопедический физический словарь*. — М.: Советская энциклопедия, 1983.
227. *Декарт Р.* Избранные произведения. — М., 1950.
228. *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии / Пер. А.Н. Крылова. В кн.: А.Н. Крылов. Собрание трудов, т.7. — М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1936.
229. *Толанд Д.* Письма к Серене. В кн.: Английские материалисты XVIII в. Собрание произведений в трех томах, т.1. — М.: Мысль, 1967.
230. *Лобачевский Н.И.* Сочинение, т.2. — М.—Л., 1949.
231. *Эйнштейн А.* О понятии пространства // Вопросы философии. — 1957. — №3.
232. *Эйнштейн А.* Сущность теории относительности. — М., 1955.
233. *Дубровский В.Н.* и др. Релятивистский мир. — М.: Наука, 1984.
234. *Энгельс Ф.* Анти-Дюринг. — М., 1967.
235. *Энгельс Ф.* Диалектика природы. — М., 1955.
236. *Гинзбург В.Л.* Теоретическая физика и астрофизика. — М.: Наука, 1975.
237. *Жверблис В.* Быстрее света: иллюзия и реальность. — 1984. — №12.
238. *Болотовский Б.М., Гинзбург В.Л.* Эффект Вавилова—Черенкова и эффект Доплера при движении источников со скоростью больше скорости света в вакууме. — М., 1978.
239. *Барашенков В.С.* Кварки. Протоны. Вселенная. — М.: Знание, 1987.
240. *Мэрион Дж.Б.* Физика и физический мир. — М.: Мир, 1975.
241. *Никонов А.* Начало конца, или краткая история Вселенной // Огонек 15/4743, апрель 2002.
242. *Каменарович М.Б., Драч В.Е., Коротыгин С.В.* Волновые представления пространственно-временных процессов // Сб. ВНТК. — Калуга, 2000. — 184 с.
243. *Савельев И.В.* Курс общей физики, т.3. — М.: Наука, 1979.
244. *Компанец А.С.* Законы физической статистики. Ударные волны. Сверхплотное вещество. — М.: Наука, 1976.
245. *Ландау Л.Д., Китайгородский А.И.* Физика для всех. — М.: Наука, 1974.
246. *Арнольд В.Г.* Математические методы классической механики. — М.: Наука, 1979.
247. *Иванов Б.Н.* Законы физики. — М.: Высшая школа, 1966. — С.87.
248. *Тихоплав В.Ю., Тихоплав Т.С.* Физика веры. — СПб.: Изд-во «Весь», 2002.
249. *Советский энциклопедический словарь*. — М.: Советская энциклопедия, 1981. — С.1600.
250. *Каменарович М.Б., Гринин А.С.* Время и ритмы в биоэкологии // Инженерная экология. — 2002. — №3.
251. *Волченко В.Н.* Духовная экзотика в мире сознания и в Интернете // Сознание и реальность. — 1997. — Т.2. — №4.
252. *Дульнев Г.Н.* Информация — фундаментальная сущность природы // Терминатор. — 1996. — №1.
253. *Силли А.А.* Информация как фундаментальная сущность бытия // Препринт №24. — М.: МНТЦ ВЕНТ, 1992.
254. *Кондаков Н.И.* Логический словарь-справочник. — М.: Наука, 1976.
255. *Бороздин Э.К.* К вопросу о сущности сознания // Сознание и физическая реальность. — 1999. — Т.4. — №2.
256. *Поликарпов В.С.* Феномен «Жизнь после смерти». — Ростов-на-Дону: Феникс, 1995.

257. *Акимов А.Е., Шитов Г.И.* Сознание, физика торсионных полей и торсионные технологии // Сознание и физическая реальность. — 1996. — Т.1. — №№1–2.
258. *Каструбин Э.М.* Трансовые состояния и «поле смысла» — М.: «КСП», 1995.
259. *Бобров А.В.* Полевая концепция механизма сознания // Сознание и физическая реальность. — 1994. — Т.4. — №3.
260. *Акимов А.Е., Бинги В.Н.* Компьютеры, мозг и Вселенная как физическая проблема // Сознание и физический мир. Вып 1. — М.: Агенство «Яхтсмен», 1995.
261. *Бороздин Э.К., Мартынова А.Ю.* О свойствах живого // Сознание и физическая реальность. — 1997. — Т.2. — №4.
262. *Каменарович М.Б., Драч В.Е., Коротыгин С.В.* Приложение преобразования Фурье к представлению о волновой природе времени // ВНТК. — Калуга, 2002.
263. *Каменарович М.Б.* Представление о волновой природе времени: Прогрессивные технологии, конструкции и системы в приборо- и машиностроении // ВНТК, т.1. — М., 2001.
264. *Каменарович М.Б., Максимова Е.А.* Элементы физического вакуума: Прогрессивные технологии, конструкции и системы в приборо- и машиностроении // ВНТК, т.1. — М., 2001.
265. *Друнвало Мелхисидек.* Древняя тайна цветка жизни. Т.1. — Киев: София, 2000.
266. *Тихоплав В.Ю., Тихоплав Т.С.* Кардинальный поворот. — СПб.: Изд-во «Весь», 2002.
267. *Сунден О.* Пространственно-временной осциллятор как скрытый механизм в основании физики. — СПб., 1999.
268. *Лунин Е.В.* Великие пророки о будущем России. — М.: Аквариум ЛТД, 1999. — 384 с.
269. *Мертон Энтони.* Введение в теософию. Тонкие планы. — М.: Велигор, 1998. — 225 с.
270. *Каленикин С.* Мы как часть внешней реальности // Наука и религия. — 1999. — №8.
271. *Мулдашев Э.Р.* От кого мы произошли? — М.: Пресс ЛТД, 1999. — 440 с.
272. *Волков И.П.* Телопсихика человека. Синтез научных, философских и религиозных знаний. — СПб.: Вестник ПБА, 1999. — 144 с.
273. *Гендель М.* Космогоническая концепция. — СПб.: АО «Комплект», 1994. — 390 с.
274. *Ефремов Ю.Н.* В глубины вселенной. — М.: Наука, 1984.
275. *Новиков И.Д.* Эволюция вселенной. 2-е изд. — М.: Наука, 1983.
276. *Рогачев В.* Куда летит Вселенная? // Российская газета, 27 марта 1998.
277. *Шкловский И.С.* Вселенная, жизнь, разум. — М.: Наука, 1987.
278. *Фомин Ю.А.* // Крестьянская Россия, 26 января 1983, №0155.
279. *Новиков И., Полнарев А., Розенталь И.* Численные значения фундаментальных постоянных и антропный принцип // Известия АН Эстонской ССР. Т.31. Физика–математика. — 1982. — №3.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА	3
1.1. НОВАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА	3
1.2. ПРОБЛЕМА ОБЪЕДИНЕНИЯ	8
1.3. РОЛЬ АНТРОПНОГО ПРИНЦИПА	17
ГЛАВА 2. ПРОСТРАНСТВО	23
2.1. ГЕОМЕТРИЯ И ПРОСТРАНСТВО	23
2.2. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРОСТРАНСТВЕ В ФИЛОСОФИИ	25
2.3. ЧЕЛОВЕК В ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ	35
2.4. НАБЛЮДАТЕЛЬ В СОВРЕМЕННОЙ ФИЛОСОФИИ	37
2.5. НАБЛЮДАТЕЛЬ В ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ	43
ГЛАВА 3. ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ В КЛАССИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ	50
3.1. СТАТУС ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ В КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ	52
3.2. КРИЗИС ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ КЛАССИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ	66
ГЛАВА 4. ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ В ТЕОРИИ ОТНОСИ- ТЕЛЬНОСТИ ЭНШТЕЙНА	72
4.1. СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ	72
4.2. ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ В ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ	82
4.3. ПРОБЛЕМЫ ВРЕМЕНИ В МИКРОМИРЕ	107
ГЛАВА 5. ВРЕМЯ	124
5.1. СТАНОВЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ	124
5.2. ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ	127
5.3. КВАНТЫ	130
5.4. БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ	135
5.5. СИСТЕМА ОТСЧЕТА «ЗЕМЛЯ» В ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ	140
5.6. КОСМОС И ВРЕМЯ	143
5.7. СВЕТ ГАЛАКТИК И ЗВЕЗД	147
ГЛАВА 6. ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ	153
6.1. ПРОСТРАНСТВО, ВРЕМЯ И РАЗЛИЧИЕ МЕЖДУ НИМИ	153
6.2. ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ	156
6.3. ОДНОВРЕМЕННОСТЬ	161
6.3.1. Абсолютная одновременность	164
6.4. ПРИНЦИП МАТЕРИАЛЬНОСТИ В ПОНИМАНИИ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ	167
6.5. ПРОБЛЕМЫ ВРЕМЕНИ: ДИСКУССИИ, СОМНЕНИЯ	181

ГЛАВА 7. ГРАВИТАЦИЯ	198
7.1. ИСТОРИЯ ВОПРОСА	198
7.1.1. Свободно падающие тела	198
7.1.2. Гравитация	199
7.1.3. Почему тела притягиваются	201
7.2. ГРАВИТАЦИОННАЯ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА	202
7.3. ТЕОРИЯ ГРАВИТАЦИИ ЭЙНШТЕЙНА	209
7.3.1. Общая теория относительности Эйнштейна	213
7.3.2. Уравнения поля тяготения	215
7.3.3. Следствия из уравнений поля	216
7.4. КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ ГРАВИТАЦИИ	228
7.5. РЕЛЯТИВИСТСКАЯ ТЕОРИЯ ГРАВИТАЦИИ	240
7.6. ЕДИНСТВО ФИЗИКИ И КОНЦЕПЦИЯ КАЛИБРОВОЧНЫХ ПОЛЕЙ	263
ГЛАВА 8. ДВИЖЕНИЕ И СКОРОСТЬ СВЕТА	280
8.1. КЛАССИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ	280
8.2. ПОСТОЯНСТВО СКОРОСТИ СВЕТА	283
8.3. КОРПУСКУЛЯРНАЯ И ВОЛНОВАЯ ТЕОРИИ	287
8.3.1. Определение скорости света в земных условиях	288
8.4. СКОРОСТЬ СВЕТА И ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ	290
8.5. СКОРОСТЬ СВЕТА НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ	293
ГЛАВА 9. НЕКЛАССИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРОСТРАНСТВЕ-ВРЕМЕНИ	
ДВИЖУЩЕГОСЯ НАБЛЮДАТЕЛЯ	304
9.1. ДВИЖЕНИЕ В КОНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ	304
9.2. ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ	313
9.3. КОНЕЧНОСТЬ СКОРОСТИ СВЕТА	317
9.4. СВЕРХСВЕТОВЫЕ СКОРОСТИ	322
9.5. СВЕРХСВЕТОВЫЕ СКОРОСТИ В АСТРОНОМИИ	327
9.6. ТАХИОНЫ	330
ГЛАВА 10. ВОЗВРАЩЕНИЕ В ФИЗИКУ	333
10.1. БЕСКОНЕЧНО МАЛОЕ СМЕЩЕНИЕ	333
10.2. ДВИЖЕНИЕ В ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЕ	338
ГЛАВА 11. ВОЛНОВОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ	341
11.1. ВОЛНОВОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ	341
11.2. ПРОСТРАНСТВЕННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВОЛНОВОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ	347
11.3. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОВЕСНЫХ ТОЧЕК	359
11.4. ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ЧИСЛЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ	362
11.5. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УСКОРЕНИЯ В СИСТЕМЕ ОТСЧЕТА ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ	366

ГЛАВА 12. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЛНОВОЙ ПАРАДИГМЫ ВРЕМЕНИ	370
12.1. АНТИВЕЩЕСТВО (АНТИПРОСТРАНСТВО, АНТИВРЕМЯ)	370
12.2. ВОЛНОВАЯ ФУНКЦИЯ	372
12.3. ИНФОРМАЦИЯ И СОЗНАНИЕ	375
12.4. САКРАЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ	382
12.5. ВОЗНИКНОВЕНИЕ МИРА	392
ГЛАВА 13. РАЗМЫШЛЕНИЯ И ИТОГИ	396
13.1. ЧЕЛОВЕК ВО ВСЕЛЕННОЙ	396
13.2. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ	404
13.3. ЦИВИЛИЗАЦИЯ	408
13.4. ЧЕЛОВЕК — МЕРА ВСЕХ ВЕЩЕЙ	414
ЛИТЕРАТУРА	420

Михаил Борисович Каменарович

**ПРОБЛЕМЫ ПРОСТРАНСТВА
И ВРЕМЕНИ**

Монография

Редактор *С.Н. Капранов*
Корректор *Н.Г. Варварская*
Технический редактор *А.Л. Репкин*

Изд. лиц. №020523 от 25.04.97. Подписано в печать 25.12.03.
Формат 60×84/16. Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Печ. л. 27. Усл. п. л. 25,11. Тираж 500 экз. Заказ №67

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана
107005, Москва, 2-я Бауманская, 5

Изготовлено в Редакционно-издательском отделе
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана
248600, г. Калуга, ул. Баженова, 4, тел. 57–31–87

Налоговая льгота — общероссийский классификатор продукции
ОК–005–93, том 2; 953000 — книги, брошюры

ISBN 5 - 7038 - 2522 - 9

