

**В. И. ЖАРКОВ**

# НЕПРЕРЫВНО- ДИСКРЕТНЫЕ ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ МИКРООБЪЕКТОВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“ • СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

*Ответственный редактор  
доктор философских наук профессор*

**И. В. КУЗНЕЦОВ**

1-5-1

---

1971(1)

---

## ВВЕДЕНИЕ

На протяжении всей истории развития философии и естествознания проблема пространства и времени занимала одно из центральных мест среди теоретико-познавательных проблем и являлась одной из труднейших. «Учение о пространстве и времени,— писал В. И. Ленин,— неразрывно связано с решением основного вопроса гносеологии: представляют ли из себя наши ощущения образы тел и вещей, или тела суть комплексы наших ощущений»<sup>1</sup>. Другими словами, как в решении основного вопроса философии, так и в решении проблемы сущности пространства и времени возможны только два направления — либо идеалистическое, либо материалистическое.

При этом отличие субъективно-идеалистического направления от объективно-идеалистического в вопросе о сущности пространства и времени сводится к тому, что первое исходит из признания перцептуального пространства и перцептуального времени как единственно возможных, в то время как для второго направления характерно объективирование последних<sup>2</sup>.

Не отрицая существования перцептуального пространства и времени, диалектико-материалистическая философия вскрывает несостоятельность идеализма (как субъективного, так и объективного) в решении проблемы пространства и времени.

---

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 18, стр. 185.

<sup>2</sup> Перцептуальное пространство — это пространство, в котором локализованы все восприятия индивидуума. Перцептуальное время — это личное время индивидуума, упорядочивающее нашу психическую деятельность. Более подробно об этом см.: А. М. Мостепаненко, М. В. Мостепаненко. Четырехмерность пространства и времени. М.—Л., «Наука», 1966, т. I, § 2.

На основе учения о неразрывной связи материи, движения, пространства и времени диалектико-материалистическая философия приходит к выводу о существовании объективно реальных пространства и времени. С этой точки зрения объективно реальные пространство и время отражаются перцептуальным пространством и временем, и, следовательно, последние не могут выступать ни в качестве единственно возможных, ни в качестве объективных.

На основе диалектико-материалистического учения о сущности пространства и времени удается наметить пути разрешения целого ряда вопросов, касающихся наиболее общих свойств пространства и времени, к которым, в частности, относятся свойства дискретности и непрерывности.

В решении вопроса о том, непрерывны или дискретны пространство и время, который в большинстве случаев связывался только с вопросом о возможности или невозможности бесконечного деления пространства и времени, диалектико-материалистическая философия смогла указать такой путь, который связан с учением о внутреннем источнике развития материи.

Современное естествознание, особенно физика, все более обогащает наше понимание сущности и свойств пространства и времени, подтверждая и углубляя основные положения диалектико-материалистического учения о них. В частности, современная физика элементарных частиц все настоятельнее требует пересмотра пространственно-временных представлений в этой области явлений. Однако положение дел в настоящее время таково, что развернутой и последовательной теории пространства и времени микромира еще не существует. Фактически пока речь идет только о ее создании. И все же высказывающиеся в научной литературе новые физические идеи об особенностях пространства и времени в микромире имеют столь важное философское значение, что не могут не привлечь к себе пристального внимания.

Вместе с тем, именно в условиях, когда только ведутся поиски путей решения проблемы пространства и времени в микромире, когда новые физические представления только еще формируются, выбор правильного общего направления таких поисков приобретает особенно существенное значение. Этот выбор может быть сделан только на основе идей диалектико-материалистической философии, огромную эвристическую роль которой невозможно переоценить не только в развитии научного познания вообще, но и в решении данной конкретной проблемы.

Одним из критериев правильности выбранного направления является адекватное решение вопроса о соотношении дискрет-

ного и непрерывного в теории пространства и времени микромира. Именно этот вопрос в той или иной форме ставится современной физикой элементарных частиц. Отвергая представления о чистой непрерывности пространства и времени, некоторые из физиков все более склоняются к мнению, что структура пространственно-временных форм микрообъектов должна характеризоваться атрибутом чистой дискретности. И в этом пункте, как нам представляется, одна крайность переходит в другую.

Найти правильное решение вопроса о соотношении дискретного и непрерывного (уже поставленного современной физикой) в теории пространства и времени в микромире возможно только на пути применения методологии диалектического материализма. В частности, последовательное проведение принципа причинности при решении этого вопроса позволяет сделать вывод о том, что будущая теория пространства и времени микромира не может быть теорией только чистой дискретности. Если у физиков все меньше остается надежд на то, что удастся преодолеть трудности современной квантовой теории полей и частиц без включения в теорию представления о дискретных элементах в структуре пространственно-временных форм существования микрообъектов, то это не означает еще, что необходимо избавиться от представления о непрерывности этих форм. Находясь на точке зрения континуальности пространственно-временных форм микрообъектов, квантовая физика сумела вскрыть многие «дикийные» свойства этих объектов. Однако явно обнаружившаяся недостаточность подобной точки зрения порождает ей противоположную, выражающуюся в попытках создания теории пространства и времени микромира, учитывающей лишь аспект дискретности пространственно-временных форм микрообъектов.

Можно ожидать, что видоизмененная на этой основе квантовая физика сумеет обнаружить еще целый ряд «дикийных» свойств и закономерностей движения микрообъектов.

Однако, несмотря на правомерность в некоторых пределах той или иной крайности, наибольшее приближение к абсолютной истине, как этому учит диалектико-материалистическая философия, достигается лишь путем синтеза этих крайностей, признания единства противоположностей.

С этой точки зрения можно сделать довольно определенный вывод, касающийся проблемы дискретности и непрерывности пространственно-временных форм микрообъектов: наиболее плодотворным и наиболее верным путем решения этой проблемы может быть только путь органического синтеза свойств ди-

скретности и непрерывности, характеризующих структурные особенности этих форм.

В настоящей книге предпринимается попытка обосновать именно это положение, а также философски осмыслить и по возможности обобщить некоторые новые физические идеи, высказываемые в научной литературе и касающиеся особенностей пространства и времени микромира, а также подчеркнуть фундаментальную важность идей диалектического материализма для решения этой кардинальной проблемы современной физики.

---

---

## Глава I

# НЕПРЕРЫВНОСТЬ И ДИСКРЕТНОСТЬ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ КАК ФОРМЫ СУЩЕСТВОВАНИЯ МАТЕРИИ

### 1. Пространство и время как всеобщие формы существования материи

Величайшим завоеванием научного познания явилась выработка диалектико-материалистической философией общего понятия материи, выраженного в известном определении В. И. Ленина: «Материя есть философская категория для обозначения объективной реальности, которая дана человеку в ощущениях его, которая копируется, фотографируется, отображается нашими ощущениями, существуя независимо от них»<sup>1</sup>. В этом определении понятия материи раскрыто основное свойство материи — быть объективной реальностью.

Однако само по себе признание объективной реальности материи не приводит автоматически к диалектическому материализму. Домарксистский материализм также признавал объективную реальность материи, и все же он не был последовательным и глубоко научным. Одна из причин этого обстоятельства скрывалась в том, что домарксистский материализм, как правило, отождествлял материю с каким-либо конкретным ее видом. Так, Фалес основу всех вещей усматривал в воде, Анаксимен — в воздухе, Анаксимандр — в неопределенной мате-

---

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 18, стр. 131.

рии — «апейроне», Гераклит — в огне, атомисты — Левкипп, Демокрит и др. — в непроницаемых атомах, различающихся лишь величиной, формой, порядком, положением и т. п. Диалектический же материализм настаивает на несводимости материи к какому-либо одному из ее конкретных видов. Понятие материи выработано в диалектическом материализме на основе отвлечения от конкретных видов и форм, в которых материя существует. Подчеркивая именно эту особенность диалектико-материалистического понимания материи, Ф. Энгельс писал: «Материя как таковая, это — чистое создание мысли и абстракция. Мы отвлекаемся от качественных различий вещей, когда объединяем их, как телесно существующие, под понятием материи. Материя как таковая, в отличие от определенных, существующих материй, не является, таким образом, чем-то чувственно существующим. Когда естествознание ставит себе целью отыскать единообразную материю как таковую и свести качественные различия к чисто количественным различиям, образуемым сочетаниями тождественных мельчайших частиц, то оно поступает таким же образом, как если бы оно вместо вишен, груш, яблок желало видеть плод как таковой, вместо кошек, собак, овец и т. д. — млекопитающее как таковое, газ как таковой, металл как таковой, камень как таковой, химическое соединение как таковое, движение как таковое»<sup>2</sup>.

Признание объективности существования материи, проявляющейся в многообразии качественно различных, относительно самостоятельных форм ее движения, несводимых друг к другу, ведет к признанию несотворимости и неуничтожимости материи, т. е. к признанию ее абсолютности. Абсолютность материи не означает, однако, ее неподвижности, извечной неизменности форм ее движения. Диалектический материализм органически связывает понятие материи с понятием движения, рассматриваемого как универсальный способ бытия материи: «движение, в применении к материи, — это *изменение вообще*»<sup>3</sup>. Именно благодаря движению абсолютно извечная материя проявляется в качественно различных видах, каждый из которых является исторически преходящим и в этом смысле относительным. Поэтому, кроме свойства абсолютности, материя может быть охарактеризована еще и свойством относительности, понимаемом в вышеуказанном смысле.

Объективности, абсолютности и относительности материи ввиду ее неразрывной связи с движением соответствуют объ-

<sup>2</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 20, стр. 570.

<sup>3</sup> Там же, стр. 563.



ективность, абсолютность и относительность движения. Однако абсолютный характер движения, абсолютная способность материи к движению реализуется в различных конкретных формах ее движения, таких, например, как механическая, химическая, биологическая и т. д., которые являются исторически преходящими, зависящими от конкретных условий и т. д., и в этом смысле относительными. Но эти относительные (конкретные) формы движения материи, будучи качественно различными, неразрывно взаимосвязаны друг с другом и переходят друг в друга. Именно так понимается относительность движения в философском смысле. Та или иная форма движения материи является объектом изучения соответствующей конкретной науки (физики, химии, биологии и т. д.). Общие же закономерности всех без исключения форм движения материи являются объектом изучения философии.

Диалектический материализм настаивает на том, что мир един и это единство состоит в его материальности. «В мире нет ничего, кроме движущейся материи...»<sup>4</sup>. Следовательно, и источник развития материи кроется в ней самой. А это значит, что материя обладает свойством саморазвития, для обеспечения которого не требуется ничего сверхприродного, сверхъестественного, нематериального. Такое саморазвитие материи имеет своим источником единство и «борьбу» противоположностей, существующих в самой материи. Игнорировать это фундаментальнейшее свойство материи — значит так или иначе делать уступку антинаучной, идеалистической философии. В вопросе об источнике развития материи возможны только два пути: либо признание того, что источник развития материи лежит вне материи, либо признание противоположной точки зрения. Третьего не дано. В. И. Ленин писал: «Две основные (или две возможные? или две в истории наблюдающиеся?) концепции развития (эволюции) суть: развитие как уменьшение и увеличение, как повторение, и развитие как единство противоположностей (раздвоение единого на взаимоисключающие противоположности и взаимоотношение между ними).

При первой концепции движения остается в тени *само* движение, его *двигательная* сила, его источник, его мотив (или сей источник переносится *во вне* — бог, субъект etc.). При второй концепции главное внимание устремляется именно на познание *источника «само»* движения.

Первая концепция мертва, бледна, суха. Вторая — жизнен-

---

<sup>4</sup> В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 18, стр. 181.

на, *Только* вторая дает ключ к «самодвижению» всего сущего...»<sup>5</sup>.

Всякий материальный объект воплощает в себе множество различных противоположностей, которые выступают в качестве основы противоречивой сущности этих объектов, и единство и «борьба» которых составляют источник их развития. Противоречивая сущность материальных объектов выявляется прежде всего в противоречивости самого процесса движения, состоящей в том, что движение, понимаемое как изменение вообще, всегда неразрывно связано с двумя противоположностями, противоречивыми моментами — с сохранением и несохранением. Действительно, понятие движения, изменения имеет смысл лишь как понятие изменения состояния, т. е. изменение чего-то пребывающего в определенном состоянии, относительно устойчивого. В то же время само изменение выступает как самостоятельно устойчивое (поскольку процесс длится), сохраняющееся состояние. Такое единство устойчивости и изменчивости и определяет противоречивую сущность движения.

Признание движения материи в качестве ее неотъемлемого атрибута с необходимостью ведет к признанию взаимосвязи и взаимообусловленности всех явлений материального мира в качестве наиболее общей и важнейшей закономерности существования движущейся материи, которая «не может двигаться иначе, как в пространстве и во времени»<sup>6</sup>.

Что же такое пространство и время, какова их природа и сущность, каковы их общие свойства? На этот вопрос в истории философии и естествознания можно найти самые различные ответы, которые порой даже противоречивы. Мы, однако, не будем здесь останавливаться на детальном рассмотрении этих различных точек зрения на проблему пространства и времени<sup>7</sup>. Подчеркнем лишь то обстоятельство, что в решении этой проблемы неизбежно отражалась та позиция философа или естествоиспытателя, с которой он подходил к решению основного вопроса философии.

Материализм и идеализм — вот те два направления, по которым шло развитие учения о пространстве и времени. При

---

<sup>5</sup> В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 29, стр. 317.

<sup>6</sup> Там же, т. 18, стр. 181.

<sup>7</sup> Подробности по этому вопросу можно найти, например, в работах: М. Б. Вильницкий. К истории развития представлений о пространстве и времени в классической физике. Киев, Изд-во АН УССР, 1955; В. И. Свидерский. Философское значение пространственно-временных представлений в физике. М., 1956; Он же. Пространство и время. М., 1958; Р. Я. Штейнман. Пространство и время. М., 1962.

этом отдельные философы, как материалисты, так и идеалисты, по-разному рассматривали не только всю проблему в целом, но и каждую категорию — пространство и время — в отдельности. Одни из них видели в пространстве лишь свойство протяженности, а во времени — только свойство длительности (направление Демокрита — Ньютона); другие полагали, что пространство имеет свойство лишь быть порядком сосуществования, законом рядоположенности предметов, а время — свойство текучести, последовательности его моментов (направление Аристотеля — Лейбница). Поскольку пространство и время считались совершенно не связанными друг с другом, то ряд философов истолковывал одну категорию с точки зрения момента устойчивости (протяженность, длительность), а другую — с точки зрения изменчивости (порядок сосуществования, текучесть). Иногда предпринимались попытки синтетического рассмотрения моментов изменчивости устойчивости в применении к пространству и времени. Однако при всем этом проблема пространства и времени по-прежнему оставалась нерешенной. Та или иная точка зрения так или иначе оказывалась односторонней, односторонней: если она в одном отношении была удовлетворительной, то обязательно обнаруживалась ее неудовлетворительность в другом отношении. И лишь марксистско-ленинская философия смогла избавиться от этой односторонности.

С точки зрения диалектико-материалистической философии, «...пространство и время — не простые формы явлений, а объективно-реальные формы бытия»<sup>8</sup>. Философские категории пространства и времени обозначают особые формы, в которых существует движущаяся материя. Относя понятия пространства и времени к категориям, диалектический материализм подчеркивает тем самым, что пространство и время являются не частными, ограниченными, исторически преходящими формами, а всеобщими формами существования материи, коренными условиями ее бытия. Исходя из объективной реальности движущейся материи, диалектический материализм настаивает на признании объективной реальности пространства и времени. В этом состоит коренное отличие материалистического толкования сущности пространства и времени от идеалистического. Антинаучный характер попыток утверждать, будто пространство и время не являются объективными по своей природе, был доказан еще Ф. Энгельсом в «Анти-Дюринге» и В. И. Лениным в «Материализме и эмпириокритицизме». В. И. Ленин со всей убедительностью показал несостоятель-

<sup>8</sup> В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 18, стр. 181.

ность махистских спекуляций по вопросу о сущности пространства и времени, основывающихся на одностороннем преувеличении принципа релятивизма и доказывающих якобы субъективный характер последних. В этой связи В. И. Ленин особо подчеркивал, что «наши развивающиеся понятия времени и пространства *отражают* объективно-реальные время и пространство»<sup>9</sup>.

Связывая воедино движущуюся материю с пространством и временем, диалектический материализм вместе с тем указывает, что определяющая роль в этой взаимосвязи принадлежит материи как содержанию, формами которого являются пространство и время. Такой характер взаимосвязи материи, с одной стороны, пространства и времени — с другой, является конкретным выражением диалектики формы и содержания, из которой также следует вывод о необходимости существования глубокой и неразрывной связи между пространством и временем. И этот вывод нашел свое замечательнейшее подтверждение в наши дни в теории относительности (специальной и общей). Теория относительности блестяще подтвердила диалектико-материалистическое положение о том, что природа и свойства пространства и времени определяются природой и свойствами движущейся материи и, вопреки утверждениям идеалистов, не зависят от воли и сознания людей.

Таким образом, общая природа пространства и времени, характеризующаяся их объективностью, отражает наиболее общее свойство движущейся материи — быть объективной реальностью, находящейся в объективном движении. Но, кроме свойства быть объективной реальностью и находиться в движении, материя, а также движение, как отмечалось выше, обладают рядом других свойств, в частности свойствами абсолютности и относительности, свойством внутренней противоречивости. И эти свойства определенным образом преломляются в свойствах пространства и времени.

Признание абсолютности материи и движения (т. е. их неотворимости и неуничтожимости) ведет к признанию абсолютности всеобщих объективно реальных форм существования материи, т. е. к признанию абсолютности пространства и времени. Пространство и время абсолютны в том смысле, что они являются непременимыми условиями бытия движущейся материи, в каком бы из своих видов она не возникала, в каком бы состоянии она ни была, что они абсолютно всегда неразрывно связаны с вечной материей. Однако такое признание объективности

---

<sup>9</sup> В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 18, стр. 183.

и абсолютности пространства и времени совсем не эквивалентно признанию того, что объективно существуют «абсолютные» пространство и время в духе Ньютона.

Подобно тому, как абсолютный характер материи и ее движения никогда не проявляется непосредственно как таковой, но лишь через посредство конкретных видов материи и конкретных форм ее движения, абсолютный характер пространства и времени раскрывается через конкретные, и в этом смысле относительные, пространственно-временные формы. Относительность пространства и времени выражается в зависимости их конкретных свойств от конкретных видов и состояний движущейся материи. Это значит, что пространственно-временные структуры не являются абсолютно одинаковыми для разных качественных ступеней развития материи, а различаются соответственно специфике этих ступеней. Правильность такого вывода диалектико-материалистической философии с полной убедительностью подтверждается всем ходом развития науки. В частности, открытие Н. И. Лобачевским неевклидовой геометрии, открытия теории относительности (специальной и общей) и квантовой физики принесли и приносят все новые и новые доказательства относительности пространства и времени. Бурно развивающаяся в наши дни биологическая наука вплотную подводит к обоснованию идеи о «биологическом пространстве»<sup>10</sup>, выражающую специфику пространственных форм и отношений в живой природе. Этот тип пространственных форм и отношений обладает рядом важнейших отличительных особенностей, не характерных для пространственно-временных структур неорганической природы. Наконец, современная физика ставит и пытается решить по-новому вопрос о пространственно-временных отношениях в области микромира. В свете этих открытий и тенденций современных наук диалектический материализм не только находит подтверждение правильности своих коренных положений, в частности, о сущности и свойствах пространства и времени, но и обогащает свои выводы новым содержанием. Он также стимулирует еще более полную и глубокую разработку новых конкретно-физических представлений, относящихся к проблеме пространства и времени.

Из противоречивой сущности материи и движения вытекает противоречивая сущность пространства и времени как объективно реальных форм существования движущейся материи. Противоречивая сущность пространства и времени неоднократно

---

<sup>10</sup> Ю. А. Урманцев, Ю. П. Трусов. О специфике пространственных форм и отношений к живой природе. «Вопросы философии», 1958, № 6.

но подчеркивалась классиками марксистско-ленинской философии. В частности, В. И. Ленин отмечал: «Движение есть сущность времени и пространства... Движение есть противоречие, есть единство противоречий»<sup>11</sup>. Однако они не занимались специально всесторонним рассмотрением этого вопроса, так как наиболее важной задачей для них была разработка диалектического материализма по более общим принципиальным вопросам. основополагающие идеи марксистско-ленинской философии дают, в частности, возможность наиболее полно и всесторонне вскрыть противоречивую сущность пространства и времени. Рассмотрим этот вопрос, следуя В. И. Свидерскому<sup>12</sup>.

Противоречивая сущность материи находит свое непосредственное выражение в разнокачественности состояний материи. Эта разнокачественность имеет две совершенно различные стороны. Первая из них выражает наличие, сосуществование различных качественных состояний материи. Другая сторона заключается в постоянном изменении любого материального предмета, явления, процесса.

Обе стороны разнокачественности материи находятся в неразрывной связи с единством моментов сохранения и изменения: сохранение состояний приводит к их сосуществованию, а изменению — к их разнообразию. Но как сосуществование, так и изменение материальных объектов и явлений необходимо связано с какой-либо формой связи между сосуществующими состояниями материи и между ее сменяющимися состояниями. Связь эта может иметь различные формы и осуществляться на основе различных принципов и закономерностей (причинно-следственная связь, количественно-качественная связь и т. д.). Однако среди закономерностей связи сосуществующих и сменяющихся состояний материи наиболее общие находят свое конкретное проявление в свойствах пространства и времени как коренных условиях сосуществования и изменения качественно-многообразных состояний движущейся материи. *«Пространство — это такая форма бытия материи, которая, являясь коренным условием сосуществования материальных явлений, отражает в своей сущности и свойствах некоторую общую закономерность сосуществования явлений, состояний движущейся материи.»*

*Время же — такая форма бытия материи, которая, будучи коренным условием изменения материальных явлений, отража-*

<sup>11</sup> В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 29, стр. 231.

<sup>12</sup> В. И. Свидерский. Пространство и время, стр. 103—115.

*ет в своей сущности и свойствах некоторую закономерность этой смены состояний движущейся материи»<sup>13</sup>.*

В свойствах пространства и времени, отражающих некоторые общие закономерности бытия материи, непосредственно находят отражение моменты постоянства и изменчивости как для случая сосуществования, так и для случая изменения состояний материи. В самом деле, сосуществование материальных состояний следует рассматривать как процесс, происходящий во времени и обусловленный некоторым типом (или некоторыми типами) связи сосуществующих объектов. Закон (тип) связи сосуществующих материальных объектов определяет структурность пространства совокупности этих объектов, а закон связи структурных элементов любого конкретного объекта из этой совокупности определяет структурность пространства этого объекта.

Структурность пространства совокупности сосуществующих материальных объектов следует понимать в том смысле, что такое пространство «смонтировано» из качественно различных пространственных форм существования отдельных сосуществующих материальных объектов. Структурность же пространства конкретного отдельного материального объекта следует понимать в том смысле, что это пространство «смонтировано» из качественно различных пространственных форм существования отдельных структурных элементов такого объекта. Неизменность характера связи данного материального объекта с другими материальными объектами обуславливает неизменность порядка или закона сосуществования этих объектов, а также неизменность протяженности и закона связи структурных элементов этих материальных объектов. Следовательно, протяженность есть прежде всего выражение устойчивости определенного типа связи сосуществующих объектов. Нарушение характера этой связи ведет к изменению порядка или закона сосуществования материальных объектов и, следовательно, к изменению структуры их пространства, а также к нарушению прежней протяженности. Поскольку же любой объект в силу внутренних движений качественно изменяется, сохраняясь в рамках присущей ему меры, постольку качественно изменяется и характер связи сосуществующих объектов, сохраняясь в границах некоторой меры. Иначе говоря, устойчивость порядка или закона сосуществования материальных объектов и их протяженностей находится в неразрывном единстве с их изменчивостью. В единстве же моментов устойчивости и

---

<sup>13</sup> В. И. Свендерский. Пространство и время, стр. 105—106.

изменчивости в сущности и свойствах пространства состоит противоречивость последнего.

Аналогичная ситуация обнаруживается и в свойствах времени. Вещи, явления, изменяясь, сохраняют одновременно это состояние изменения. Сохраняемость материальных явлений, устойчивое существование самого процесса изменения выражается во времени как длительности. Факт же изменения состояний явлений, изменение самого процесса изменения этих предметов и явлений находит свое выражение в течении времени, преходимости его моментов, в смене фаз изменения предметов и явлений, что, в свою очередь, определяет структурность времени совокупности материальных объектов. Такое понимание структурности времени дает возможность говорить о сложном составе в развитии времени, а также позволяет наметить хотя бы в общих чертах пути применения математических методов при изучении свойств времени<sup>14</sup>. Таким образом, единство моментов устойчивости и изменчивости в существовании материальных объектов и явлений выражается в таких свойствах времени, как длительность и течение. Другими словами, в сущности и свойствах времени выступают в единстве моменты изменчивости и устойчивости. В единстве этих моментов состоит противоречивость времени.

Итак, пространство как форма бытия движущейся материи отражает в своей сущности и свойствах закономерность изменения и сохранения связи сосуществующих материальных объектов. Точно так же время как форма бытия движущейся материи отражает в своей сущности и свойствах закономерность связи изменяющихся и сохраняющихся состояний материальных объектов. Эти общие и универсальные свойства пространства и времени находят свое конкретное выражение в таких свойствах пространства, как протяженность и структурность (определяющаяся законом связи сосуществующих материальных объектов) и в таких свойствах времени, как длительность и сменяемость моментов времени, течение времени, которые выражают его структурность. Протяженность, структурность, длительность и сменяемость моментов, характеризующие пространство и время, выступают как выражение универсального их свойства — противоречивости.

Если понятия структурности пространства и структурности времени материальных объектов связывать только с представлением о сосуществовании нескольких (по крайней мере двух) таких объектов, то что можно сказать о структурности прост-

---

<sup>14</sup> См. § 6, стр. 41—49.



ранства и времени одного объекта, совершенно не связанного никакими типами связи с другими объектами? Конечно, представление о совершенно свободном материальном объекте, не связанном с другими объектами, является абстракцией. В реальных условиях такие объекты не существуют. Однако понятие совершенно свободного объекта широко применяется в современной физике, поскольку в некоторых случаях оказывается возможным пренебречь связями этого объекта с другими объектами. С точки зрения понимания структурности пространства и времени как соответственно закона связи сосуществующих объектов и изменения их состояний, мы, следовательно, при ответе на поставленный выше вопрос должны прежде всего выяснить, представляет ли рассматриваемый свободный объект «совокупность» некоторых других объектов, каким-то образом связанных между собой, или данный свободный объект нельзя рассматривать как состоящий из других объектов, выступающих как части единого целого.

С такой проблемой мы встречаемся, например, в современной теории «элементарных» частиц, которая приводит к выводу, что «частицы состоят друг из друга и большее может заключаться в меньшем»<sup>15</sup>. Эта необычная ситуация остро ставит проблему взаимоотношения части и целого и в то же время свидетельствует о том, что даже так называемую свободную «элементарную» частицу нельзя рассматривать как совершенно бесструктурную. Материя, образующая любую «элементарную» частицу, не может существовать без движения. Внутренние движения этой материи неизбежно приводят к ее структурности. Структурность же материи, образующей «элементарную» частицу, с необходимостью обуславливает структурность пространственно-временной формы этой частицы. Как мы увидим ниже, современная физика «элементарных» частиц вплотную подошла к необходимости решения проблемы структурности пространственно-временных форм микрообъектов.

В свете диалектико-материалистического понимания природы и свойств пространства и времени становится ясно, что два противоположных подхода (о которых упоминалось выше) к пониманию сущности пространства и времени, рассматривающих, с одной стороны, пространство как протяженность и время как длительность и, с другой стороны, представляющих пространство как закон, порядок сосуществования материаль-

<sup>15</sup> Д. И. Блохинцев. Проблемы структуры элементарных частиц. Сб. «Философские проблемы физики элементарных частиц». М., Изд-во АН СССР, 1963, стр. 57.

2 В. И. Жарков.

ных объектов и время как закон смены состояний, являются хотя и верными, но односторонними. Каждое из этих направлений отражало только одну из противоречивых сторон пространства и времени. И лишь диалектико-материалистическая философия смогла правильно понять место и роль этих сторон в раскрытии сущности и свойств пространства и времени.

Рассмотренные в этом разделе свойства пространства и времени (объективность, абсолютность, относительность, противоречивость) не исчерпывают, однако, всех их свойств. Далее мы рассмотрим такие важнейшие свойства пространства и времени, как их непрерывность и дискретность.

## 2. Непрерывность пространства и времени

Как подметил Аристотель, вопрос о непрерывности пространства и времени тесно связан с вопросом об их бесконечности. «...Движение,— писал он,— по всей видимости относится к непрерывному, а бесконечное проявляется прежде всего в непрерывном; поэтому, определяя непрерывное, приходится часто пользоваться понятием бесконечного, так как непрерывное делимо до бесконечности»<sup>16</sup>.

С точки зрения этого высказывания Аристотеля, признание абсолютной непрерывности пространства и времени означает признание возможности их бесконечной делимости. Возможность же бесконечной делимости пространства и времени казалась многим философам и естествоиспытателям совершенно очевидной, не требующей никаких доказательств. Поэтому такое абстрактное представление об абсолютной непрерывности пространства и времени всегда находило своих сторонников (как среди материалистов, так и среди идеалистов) на протяжении всей истории философии и естествознания.

Именно в таком смысле понималась абсолютная непрерывность пространства — пустоты — древнегреческими атомистами Левкиппом и Демокритом. Постулируя абсолютную непрерывность пространства и времени, Зенон пришел к своим знаменитым апориям «Дихотомия», «Ахиллес и черепаха». Проводя анализ этих апорий, Аристотель также стоял на точке зрения абсолютной непрерывности пространства и времени. Однако при этом Аристотель усматривал различие между актуальной и потенциальной абсолютной непрерывностью. Если, по мнению Аристотеля, бесконечное деление пространства и времени возможно, то это не означает, что на самом деле существует такая бесконечная их разделенность.

<sup>16</sup> Аристотель. Физика. М., 1937, стр. 49.

В новое время идея абсолютной непрерывности пространства подчеркивалась Коперником, Бруно. При исследовании характера движения земных и небесных тел Галилей постоянно опирался на свойства однородности и непрерывности пространства и времени. Только на основе представления о непрерывности и равномерности течения времени ему удалось установить законы падения тел. Провозглашая тождество пространства и материи, Декарт наделяет их свойством абсолютной непрерывности. Этими же свойствами, по Декарту, обладает и время как модус мышления. Гениально обобщив все достижения человеческой мысли в изучении механической формы движения, Ньютон заложил прочный фундамент новой науки о пространстве и времени. На учении Ньютона о пространстве и времени мы остановимся, однако, несколько ниже. Сейчас важно отметить лишь то, что пространство и время в концепции Ньютона наделяются свойством абсолютной непрерывности.

Разделяя идею непрерывности пространства и времени, Локк связывал эти их свойства с субъективными представлениями человека, свойствами его души, разума. Он писал: «И в распространенности и длительности душа имеет общую идею непрерывных длин, способных к большей или меньшей величине. Ибо идея разницы между длиною часа и дня так же ясна, как и разница между дюймом и футом»<sup>17</sup>.

Рассматривая материю, пространство и время с точки зрения понятия чистого количества, Гегель, исходя из непрерывности чистого количества, выводил и непрерывность материи, пространства и времени. «Пространство, время, материя и т. д., — пишет Гегель, — суть непрерывные величины, так как они суть отталкивания от самих себя, изливающееся исхождение из себя, которое вместе с тем не есть переход или отношение к некоторому качественно другому»<sup>18</sup>. В «Философии природы» он пишет: «Время столь же непрерывно, как и пространство, ибо оно есть абстрактная, соотносящаяся с собою строгательность, и в этой абстракции еще нет реального различия»<sup>19</sup>. Из этих высказываний ясно, что Гегель понимал непрерывность пространства и времени не в смысле их бесконечной делимости, а как абсолютное сохранение их качественной природы, свойственное абстрактному количеству.

Диалектико-материалистическая философия извлекла «рациональное зерно» из гегелевской философии, отбросив всю

<sup>17</sup> Дж. Локк. Опыт о человеческом разуме. М., 1898, стр. 174.

<sup>18</sup> Гегель. Наука логики. Соч., т. 5. М., 1937, стр. 217.

<sup>19</sup> Гегель. Философия природы. Соч., т. 2. М.—Л., 1934, стр. 49.

идеалистическую шелуху. Диалектический материализм не связывает представление о непрерывности пространства и времени только с представлением об их бесконечной делимости (актуальной или потенциальной)<sup>20</sup>. Он не связывает это представление также только с представлением об абсолютной сохраняемости качественной природы пространства и времени (как это делал Гегель).

В само понятие непрерывности диалектический материализм вкладывает более глубокое содержание. Во-первых, категория непрерывного употребляется для характеристики структурных особенностей материи и пространственно-временных форм ее существования. В таком употреблении категория непрерывного отражает континуальную распространенность материи в пространстве и во времени в целом и тем самым отражает непрерывность пространства и времени, универсальную взаимосвязь всех материальных объектов и систем друг с другом, бесконечность материального мира, неисчерпаемость различных видов связей, бесконечность пространственно-временной формы существования материи, слагающейся из бесконечного количества конечных пространственно-временных форм отдельных материальных объектов и систем. Основное свойство континуума выражается известной аксиомой Архимеда: каковы бы ни были отрезки  $A$  и  $B$ , всегда найдется такое число  $n$ , что  $B$ , будучи деленным на  $n$ , будет меньше  $A$ .

Во-вторых, категория непрерывного употребляется для характеристики саморазвития материи, являющегося результатом единства и «борьбы» противоположностей, соотношение между которыми выражено в диалектической категории меры как единстве количественных и качественных определенностей предметов и явлений. С точки зрения категории меры, непрерывность — это сохранение данного качества в процессе определенных количественных изменений. Вещи, явления лишь постольку непрерывны, поскольку они сохраняют свое качество. В таком употреблении категория непрерывного выражает одну из сторон процесса развития, связанную с сохраняемостью качественной определенности материальных объектов в процессе некоторых количественных изменений, происходящих в них. Но количественные изменения и внутренние движения в материальных объектах, даже если они и не приводят к изменению их качественной определенности, — это отрицание сохраня-

---

<sup>20</sup> Основательный анализ понятий актуальной и потенциальной бесконечности можно найти в книге В. И. Свидерского и А. С. Камарина «Конечное и бесконечное» (М., «Наука», 1966).

емости количественной определенности данных материальных объектов и неизменности их структурности или, что то же самое, разрыв некоторой непрерывности, т. е. прерывность (дискретность). Таким образом, категория непрерывного, понимаемая в смысле закона меры, оказывается дополняющей категорию дискретности и неразрывно с нею связанной. С точки зрения закона меры в понятие непрерывности пространства и времени может быть вложен различный смысл. Рассмотрим эти возможности, отмеченные В. И. Свидерским<sup>21</sup>.

Наиболее общее понятие непрерывности пространства и времени как всеобщих форм бытия движущейся материи совпадает по своему смыслу с понятием абсолютности пространства и времени. А именно, пространство и время, будучи всеобщими, непреложными формами существования движущейся материи, иначе говоря, абсолютными, являются в этом смысле и непрерывными, ибо они непрерывно, т. е. всегда и везде, без каких-либо исключений, сопровождают движущуюся материю, являясь коренными условиями ее существования. На первый взгляд может показаться, что непрерывность пространства и времени, понимаемая в смысле их абсолютности, никак не связана с диалектическим законом меры. Однако это не так.

Действительно, пространство обладает такими важнейшими свойствами, как протяженность и структурность, без которых само понятие пространства теряет смысл. Точно так же время обладает такими важнейшими свойствами, как длительность и сменяемость моментов (структурность времени), без которых понятие времени теряет смысл. Следовательно, некоторое соотношение между структурностью и протяженностью выступает как то существенное свойство, в силу которого пространство является таковым. Другими словами, определенное соотношение между протяженностью и структурностью следует считать определенным качеством пространства, а определенное соотношение между длительностью и сменяемостью моментов выступает как то существенное свойство, в силу которого время является таковым, и, следовательно, это соотношение следует считать определенным качеством времени. В силу абсолютности пространства и времени за последними всегда сохраняется некоторое качество. В рамках определенной меры любое качество (понимаемое в вышеуказанном смысле) как у пространства, так и времени остается неизменным. А это как раз и означает, что непрерывность пространства и времени, понимаемая в смысле их абсолютности, неразрывно связана с

---

<sup>21</sup> В. И. Свидерский. Пространство и время.

законом меры. В силу этого закона за границами некоторой меры одно качество пространства и времени переходит в другое. Иными словами, переход границы некоторой меры для пространства и времени, который может быть, в частности, осуществлен увеличением или уменьшением масштабов последних (а не только степенью «заполнения» материей некоторой определенной протяженной области), ведет к тому, что у пространства изменяется соотношение между протяженностью и структурностью, а у времени — между длительностью и структурностью. Но при этом пространство не лишается свойств протяженности и структурности, а время — свойств длительности и структурности (сменяемости моментов).

Следует, однако, заметить, что довольно широко распространена точка зрения, согласно которой протяженность пространства и длительность времени не являются всеобщими, существенными и неотъемлемыми их свойствами, а выступают лишь как конкретные свойства некоторых пространственно-временных форм, соответствующих определенным уровням структурной организации материи. Оспаривать или отстаивать подобную точку зрения невозможно без уточнения понятия протяженности и длительности.

Анализ понятия протяженности можно найти, например, в работе И. З. Цехмистро «Понятие протяженности и описание физической реальности», где обосновывается положение о том, что «протяженность не выражает ничего более, кроме простейших линейных отношений любых элементов в любой их совокупности», а также весьма важный вывод, «что протяженность есть существенная и неотъемлемая черта пространства и что последнее без протяженности нелегитимно»<sup>22</sup>.

Но точно так же длительность есть существенная и неотъемлемая черта времени, что следует из понимания длительности как устойчивого существования процесса изменения. Лишить процесс изменения устойчивости его существования — значит уничтожить сам процесс изменения, или, что то же самое, уничтожить данный объект. Но в таком случае нет смысла говорить о временной форме существования данного объекта. Следовательно, понятие времени, лишённого свойства длительности, теряет всякий смысл.

Сказанное позволяет сделать вывод, что протяженность пространства и длительность времени являются универсальными их свойствами наряду со свойством их структурности. Эти универсальные свойства, как уже было показано, связаны со свойством непрерывности пространства и времени.

<sup>22</sup> «Вопросы философии», 1968, № 11, стр. 64.

Связь представлений о непрерывности пространства и времени с качественной неизменностью в рамках закона меры остается справедливой и в случае конкретных пространственно-временных форм. Подобно тому, как невозможно понятие сущности вопроса об абсолютности пространства и времени в отрыве от правильного понимания абсолютности движущейся материи, точно так же нельзя решать вопрос о непрерывности конкретной пространственно-временной формы вне связи с непрерывностью самого материального объекта и непрерывностью процесса его движения. Любой конкретный материальный объект обладает соответствующей ему пространственно-временной формой. Находясь в движении, этот объект обязательно качественно сохраняется в рамках присущей ему меры. И в этом смысле он непрерывен. Непрерывность же любого конкретного материального объекта сопровождается и непрерывностью (в смысле сохраняемости) соответствующей пространственно-временной формы его существования. Точно так же любой материальный процесс, поскольку он длится, сохраняется как длящийся и, следовательно, является непрерывным. Непрерывности же материального процесса соответствует и непрерывность его пространственно-временной формы.

И, наконец, с точки зрения диалектического закона меры непрерывность пространства и времени может быть связана с их противоречивостью. Как мы уже отмечали, противоречивость пространства заключается в том, что у него в единстве выступают свойства протяженности и структурности, а противоречивость времени заключается в единстве у него свойств длительности и течения, смены моментов. Поскольку же протяженность есть выражение устойчивости, сохраняемости определенного типа связи сосуществующих материальных объектов или их структурных элементов, который (тип связи) сам существует как таковой в рамках присущей ему меры, постольку протяженность пространства вместе с тем выражает и его непрерывность, если последнюю понимать в смысле закона меры. Точно так же, поскольку в свойстве длительности времени отражается сохраняемость материальных явлений, устойчивое существование самого процесса изменения, постольку свойство длительности времени выражает и свойство его непрерывности.

Таким образом, мы видим, что диалектический материализм расширил и углубил понятие непрерывности пространства и времени. Такое понимание непрерывности пространства и времени позволяет обнаружить относительный характер выделения двух различных аспектов их непрерывности — непре-

рывности как континуальности пространства и времени и непрерывности как сохраняемости качества пространства и времени в рамках определенной меры. Действительно, изменение соотношения между противоположностями, составляющими источник развития данной материальной системы, может привести к качественному изменению состояния этой системы и ее структурных особенностей, что в первую очередь не замедлит отразиться на структурной особенности пространственно-временной формы, соответствующей новому качественному состоянию рассматриваемой материальной системы. Другими словами, изменение соотношения между противоположностями, составляющими источник развития данной материальной системы, может привести к тому, что пространственно-временная форма этой системы изменит свою качественную определенность, понимаемую как некоторое соотношение между протяженностью — длительностью и структурностью — сменяемостью моментов пространства — времени. Однако до тех пор, пока не изменилось состояние материальной системы, никаких качественных изменений пространственно-временной формы этой системы произойти не может. В силу того, что протяженность пространства и длительность времени выражают их непрерывность, свойства пространственно-временной формы, характеризующие ее структурные особенности, в частности свойство непрерывности (в смысле континуальности), некоторым образом связаны с непрерывностью этой же формы в смысле диалектического закона меры.

Относительный характер двух аспектов категории непрерывности проявляется во многих и, видимо, далеко еще не познанных в полной мере отношениях. Отметим некоторые из них.

Поскольку существенным свойством континуума, в силу которого он является таковым, выступает свойство, которое всегда сохраняется и которое выражается аксиомой Архимеда, постольку понятие континуума охватывается понятием непрерывности в смысле закона меры.

Однако, как нам представляется, это не означает, что первое должно быть растворено во втором. Можно представить, например, существование двух континуумов, разделенных некоторой областью, не позволяющей переходить из одного континуума в другой. Если каждый из континуумов рассматривать как некоторый элемент, то можно сказать, что мы имеем дело с некоторой сохраняющейся структурой, состоящей из двух континуумов. Поскольку же такая структура сохраняется, мы должны назвать ее непрерывной. Как будет показано ниже,



существование таких структур предсказывается специальной теорией относительности.

Этот пример свидетельствует, что отождествлять понятие континуума с понятием непрерывности в смысле закона меры, вообще говоря, нельзя. Поэтому в дальнейшем мы будем различать эти понятия, употребляя термины «континуум» и «непрерывность» (или производные от них). Последний термин будет употребляться тогда, когда специально не оговаривается характер непрерывности, а лишь констатируется факт сохранения той или иной структуры в рамках некоторой меры.

Мера любого объекта или процесса, будучи единством непрерывности и дискретности, сама предстает как дискретность в одном отношении и как непрерывность — в другом: мера является дискретностью как данная, конкретная мера, отличная от других; мера является непрерывностью как сохраняющаяся данная, конкретная мера.

Некоторые авторы оспаривают правомерность сведения многообразных форм проявления непрерывности только к сохранению. Так, В. С. Готт пишет: «Единство прерывности и непрерывности имеет многообразные формы выражения. Оно выражается и через единство количественных и качественных изменений, и через единство возможности и действительности, и через единство случайности и необходимости и т. д. Поэтому сводить многообразные проявления единства прерывности и непрерывности только к его выражению, например, через единство сохранения и изменения, на наш взгляд, совершенно недопустимо»<sup>23</sup>.

Верно то, что единство прерывности и непрерывности имеет многообразные формы выражения. Но верно также и то, что каждая из этих форм является специфическим проявлением способа существования материи — движения, которое и есть единство сохранения и несохранения (изменения). Поэтому понимание непрерывности как сохранения качества в рамках некоторой меры, по нашему мнению, является наиболее общим.

С точки зрения диалектико-материалистического понимания непрерывности пространства и времени мы приходим к необходимости характеризовать пространство и время также свойством дискретности.

---

<sup>23</sup> В. С. Готт. Категории прерывности и непрерывности в современной физике. М., «Знание», 1969, стр. 45.

### 3. Дискретность пространства и времени

Конечно, не следует представлять себе дело так, будто только диалектико-материалистическая философия пришла к необходимости характеризовать пространство и время не только свойством непрерывности, но и свойством дискретности. Идея дискретности пространства и времени находила в истории философии немало своих сторонников как среди материалистов, так и среди идеалистов. Однако в нашу задачу не входит рассмотрение истории развития этой идеи. Поэтому мы ограничимся лишь краткими замечаниями.

Еще Демокрит, видимо, допускал возможность атомизировать пространство и время, разлагая их на точки и мгновения. Аристотель, как мы видели, проводил различие между актуальной и потенциальной бесконечной разделенностью пространства и времени. Следовательно, проводя такое различие, Аристотель не исключал возможности наделить пространство свойством дискретности. В отношении же времени он недвусмысленно писал: «...Время и непрерывно через «теперь», и разделяется «теперь»<sup>24</sup>. Именно в разделенности через «теперь» он усматривал дискретность времени, которое, однако, понималось им чисто идеалистически («нет времени без души»).

Эпикурейцы, признавая атомистическую природу материи, настаивали на признании атомистической природы пространства и времени. Арий в работе «Европейская философия древнего мира» следующим образом характеризует представления эпикурейцев о пространстве и времени: «В полном соответствии с этими наименьшими пространственными величинами Эпикур принимает наименьшие части времени, из которых составляется всякая продолжительность во времени. Посредством этой теории он считает возможным устранить трудности, которые Зенон из Элеи и мегарцы находили в понятии движения. Пространство, пробегаемое в определенное время телесным «наименьшим», состоит из ограниченного числа самых малых и более неделимых пространств, подобно тому как употребляемое для этого время также состоит из определенного числа самых малых, более неделимых моментов времени. Про все расстояние можно сказать, что тело движется в нем, про наименьшие части его можно сказать, что в каждой из них тело находится в движении»<sup>25</sup>.

В средние века на атомистичности времени и движения на-

<sup>24</sup> Аристотель. Физика, стр. 96.

<sup>25</sup> «Общая история философии», т. I. СПб., 1910, стр. 198—199.

ставили в арабской философии мутакаллимы — представители теологов ислама.

В новое время югославский математик, физик и астроном Бошкович связывал свою общую концепцию атомистического строения материи с атомистическими воззрениями на пространство и время.

Исходя из идеалистических представлений о пространстве и времени, Юм считал, что дискретность пространства и времени происходит из того, что человеческий ум не способен постигнуть полное и адекватное понятие бесконечности. Такая неспособность человеческого разума, согласно Юму, неизбежно приводит к тому, что наши идеи пространства и времени состояются из неделимых частей.

На основе своей идеалистической диалектики Гегель пришел к заключению, что пространство и время не только непрерывны, но и дискретны. Однако прерывность пространства и времени понимается им чисто абстрактно, как внесение в непрерывные пространство и время каких-либо условных ограничений, границ, делений. Пытаясь решить апорию «Дихотомия», Гегель пишет: «...Пространство и время суть, как определенное количество, ограниченная величина; они поэтому могут быть пройдены; сколь мало я actu бесконечно делю пространство, столь же мало делит его движущееся тело. Деление пространства, как фактическая деленность, не есть абсолютная точечность, и точно так же неделимое пространство не есть чистая непрерывность; точно так же и время не есть чистая отрицательность или точечность, а есть тоже непрерывность»<sup>26</sup>.

Из приведенной краткой исторической справки мы видим, что дискретность пространства и времени так или иначе связывалась с невозможностью бесконечного их разделения, т. е. только со структурными особенностями пространства и времени. С точки зрения диалектико-материалистической философии дискретность пространства и времени понимается глубже и шире.

Во-первых, категория прерывного употребляется для характеристики структурных особенностей материи и пространственно-временных форм ее существования. В таком употреблении категория прерывного отражает наличие в реальной действительности ограниченных в пространстве и во времени материальных объектов, систем и явлений и характеризует качественную определенность, относительную самостоятельность и

---

<sup>26</sup> Гегель, Лекции по истории философии, Соч., т. IX, кн. I, 1932, стр. 238.

устойчивость этих объектов, систем, явлений и пространственно-временных форм их существования.

Во-вторых, категория прерывного, как и категория непрерывного, употребляется для характеристики саморазвития материи, являющегося результатом единства и «борьбы» противоположностей, соотношение между которыми выражено в диалектической категории меры, как единстве количественных и качественных определенностей предметов и явлений. С точки зрения категории меры прерывность — это изменение качественного состояния в сущности вещей, явлений в процессе количественных изменений. Следовательно, действительность лишь постольку прерывна, поскольку она разнокачественна. В таком употреблении категория прерывного выражает одну из сторон процесса развития, связанную с изменчивостью качественной определенности материальных объектов. Из всеобщего характера диалектического закона меры, в частности, вытекает отсутствие однотипной непрерывности пространства и времени. Но отсутствие однотипной непрерывности пространства и времени означает наличие в них дискретности. Кроме того, с точки зрения закона меры в понятие прерывности пространства и времени может быть вложен различный смысл. Рассмотрим эти возможности, отмеченные В. И. Свидерским<sup>27</sup>.

Наиболее общее понятие прерывности пространства и времени как всеобщих форм бытия движущейся материи совпадает по своему смыслу с понятием их относительности. А именно, пространство и время, будучи всеобщими, непреложными формами существования движущейся материи, обусловлены в своей природе, сущности и свойствах своим содержанием — движущейся материей — и должны меняться в зависимости от изменения качественных состояний движущейся материи. В этом неизбежном качественном изменении пространственно-временных форм проявляется их относительность, но в этом же обнаруживается и их прерывность, как качественно различных форм. Поясним не столь очевидную связь прерывности пространства и времени, понимаемой в смысле их относительности, с законом меры.

Как отмечалось выше, пространство и время обладают свойствами структурности, которые определяются законом связи и изменения сосуществующих материальных объектов и их структурных элементов. Вместе с тем, сосуществующие материальные объекты определяют различные и в этом смысле относительные пространственно-временные формы их существо-

---

<sup>27</sup> В. И. Свидерский. Пространство и время.

вания. Точно так же структурные элементы любого отдельного материального объекта определяют качественно различные и в этом смысле относительные пространственно-временные формы их существования. Следовательно, относительность пространственно-временных форм сосуществующих материальных объектов или структурных элементов «одионого» объекта из этой совокупности есть иное проявление их структурности. Но структурность пространства и времени в соотношении соответственно с протяженностью и длительностью выражает качественную определенность последних, которая сохраняется неизменной в рамках некоторой меры. А это как раз и означает, что дискретность пространства и времени, понимаемая в смысле их относительности, некоторым образом связана с законом меры.

Связь представлений о прерывности пространства и времени с качественной изменяемостью в рамках закона меры остается справедливой и в случае конкретных пространственно-временных форм. Подобно тому, как невозможно понять сущность вопроса об относительности пространства и времени в отрыве от правильного понимания относительности состояний движущейся материи, точно так же нельзя решать вопрос и о прерывности конкретной пространственно-временной формы вне связи с прерывностью самого материального объекта и прерывностью процесса его движения. Любой конкретный материальный объект обладает соответствующей ему пространственно-временной формой. Находясь в движении (понимаемом в широком смысле), этот объект обязательно качественно и количественно изменяется в рамках присущей ему меры. И в этом смысле он прерывен. Прерывность же любого конкретного материального объекта «сопровождается» и прерывностью (в смысле несохраняемости) структурных особенностей соответствующей пространственно-временной формы его существования. Точно так же любой материальный процесс, поскольку он является процессом, сохраняясь как процесс, неизбежно связан с моментами изменения. И в этом смысле он является прерывным. Прерывности же материального процесса соответствует и прерывность его пространственно-временной формы.

Наконец, с точки зрения диалектического закона меры прерывность пространства и времени может быть связана с их противоречивостью. Противоречивость пространства заключается в том, что у любой пространственной формы в единстве выступают свойства протяженности и структурности, а противоречивость времени заключается в единстве у него свойств длительности и течения, смены моментов. Поскольку же струк-

турность определяется законом связи сосуществующих материальных объектов и их структурных элементов, который (закон) сам существует как таковой в рамках присущей ему меры, постольку изменение закона связи сосуществующих материальных объектов приводит к изменению структурности пространственной формы как совокупности сосуществующих объектов, так и отдельного объекта из этой совокупности. И в этом смысле структурность пространства одновременно выражает его прерывность. Точно так же, поскольку в течение времени, в смене его моментов отражается изменяемость материальных объектов и момент изменяемости в материальных процессах, постольку свойство течения времени, сменяемость его моментов выражает и свойство его прерывности.

Таким образом, мы видим, что диалектический материализм значительно расширил и углубил понятие прерывности пространства и времени. Такое понимание прерывности пространства и времени позволяет обнаружить относительный характер выделения двух различных аспектов их прерывности — прерывности как характеристики структурных особенностей пространства и времени и прерывности как изменяемости качества в рамках определенной меры. Действительно, изменение соотношения между противоположностями, составляющими источник развития данной материальной системы, может привести к качественному изменению состояния этой системы и ее структурных особенностей, что, в свою очередь, отразится на структурной особенности пространственно-временной формы, отвечающей новому качественному состоянию рассматриваемой материальной системы. Другими словами, изменение соотношения между противоположностями, составляющими источник развития данной материальной системы, может привести к тому, что пространственно-временная форма существования этой системы изменит свою качественную определенность, понимаемую как некоторое соотношение между протяженностью — длительностью и структурностью — сменяемостью моментов пространства — времени. Однако до тех пор, пока не изменилось состояние материальной системы, никаких качественных изменений пространственно-временной формы этой системы произойти также не может. В силу того, что структурность пространства и сменяемость моментов (структурность) времени выражают их прерывность, свойства пространственно-временной формы, характеризующие ее структурные особенности, в частности свойство дискретности, некоторым образом связаны с дискретностью этой же формы в смысле диалектического закона меры.

Более того, с точки зрения диалектико-материалистического понимания прерывности пространства и времени бросается в глаза глубокая параллель между свойствами прерывности и непрерывности пространства и времени. Эта параллель не является случайной, поскольку с точки зрения диалектико-материалистического понимания сущности пространства и времени такие их свойства, как непрерывность и прерывность, неотделимы друг от друга.

#### 4. Единство свойств непрерывности и дискретности пространства и времени

Как мы уже отмечали, два противоположных подхода к пониманию сущности пространства и времени, рассматривающих, с одной стороны, пространство как протяженность и время как длительность, а с другой — представляющих пространство как закон, порядок сосуществования материальных объектов и время как закон смены состояний, являются хотя и верными, но односторонними. Каждое из этих направлений отражало только одну из противоречивых сторон пространства и времени.

Диалектический материализм связывает с противоречивыми сторонами пространства и времени такие их свойства, как непрерывность и дискретность. Следовательно, те два противоположных подхода к пониманию сущности пространства и времени, о которых мы только что упоминали, отражали одновременно две противоположных точки зрения в вопросе о свойствах пространства и времени: согласно одной из них, пространство и время являются чисто непрерывными; согласно другой — чисто дискретными.

Конечно, подобные односторонние точки зрения не могли выступать в чистом виде, совершенно изолированно друг от друга. Нередко можно было обнаружить в любой из этих концепций отражение противоположного взгляда. Некоторыми же мыслителями были сделаны попытки синтетического рассмотрения противоречивых сторон пространства и времени. Следовательно, это были попытки синтетического рассмотрения свойств непрерывности и дискретности пространства и времени.

Отмечая единство противоположных моментов — момента преходимости и момента сохранения в концепции времени у Гераклита, Герцен писал: «Так, у Гераклита вместо последних безжалостных выводов субстанциального отношения, вы встречаете *время и огонь* наглядными представителями процесса движения. В самом деле, время — образ безусловного возник-

новения; сущность его состоит только в том, чтоб быть и вместе с тем не быть; во времени не прошедшее и будущее, а настоящее действительно; но оно существует только для того, чтобы не существовать, оно тотчас прошло, оно сейчас наступит, оно есть в этом движении как единство двух противоположных моментов»<sup>28</sup>.

Попытки синтетического рассмотрения моментов постоянства и изменчивости в применении к пространству и времени наблюдаются у Канта, Шеллинга и ряда других мыслителей.

Наиболее отчетливо единство свойств непрерывности и дискретности в применении к пространству и времени было понято диалектиком Гегелем, хотя и на идеалистической основе. Рассматривая материю, пространство и время как чистые количества, Гегель приходит к выводу, что «количество содержит в себе оба момента — непрерывность и дискретность. Оно должно быть положено в обоих своих моментах как в своих определениях. Оно уже с самого начала есть *их непосредственное* единство, т. е. само оно ближайшим образом положено в одном из своих определений, в непрерывности, и есть, таким образом, *непрерывная величина*»<sup>29</sup>. Следовательно, с точки зрения Гегеля, пространство и время одновременно дискретны и непрерывны. Однако в единстве этих свойств отрицание непрерывности — дискретность — есть лишь нечто совершенно абстрактное. Касаясь вопроса о движении, Гегель писал: «В движении, в котором понятия имеют свою действительность, для представления выступают обе: чистая отрицательность как время, непрерывность как пространство; само движение есть именно это действительное единство в противоположности и раздельности обоих моментов в этом единстве»<sup>30</sup>. Гегель правильно понял, что сущность времени и пространства есть движение. В. И. Ленин в конспекте лекций Гегеля по истории философии подчеркнул важность признания единства прерывного и непрерывного для понимания сути движения. Он писал: «Движение есть сущность времени и пространства. Два основных понятия выражают эту сущность: (бесконечная) непрерывность (*Kontinuität*) и «пунктуальность» (=отрицание непрерывности, *прерывность*). Движение есть единство непрерывности (времени и пространства) и прерывности (времени и пространства). Движение есть противоречие, есть единство противоречий»<sup>31</sup>.

<sup>28</sup> А. И. Герцен. Собрание сочинений, т. 3, М., 1954, стр. 158.

<sup>29</sup> Гегель. Наука логики. Соч., т. 5, стр. 216.

<sup>30</sup> Гегель. Лекции по истории философии. Соч., т. IX, кн. 1, 1932, стр. 238.

<sup>31</sup> В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 29, стр. 231.



Признавая единство свойств дискретности и непрерывности у пространства и времени, диалектический материализм находит основание этого единства, однако не в представлении о чистом количестве, как это делал Гегель, а в материалистическом учении о материи, пространстве и времени. Подобно тому, как применение категорий прерывного и непрерывного для характеристики свойств пространства и времени имеет несколько аспектов, единство свойств дискретности и непрерывности пространства и времени выступает также в нескольких аспектах.

Как мы уже отмечали, наиболее общее понятие непрерывности и прерывности пространства и времени совпадает с понятием их абсолютности и относительности. Но мы также видели, что абсолютный характер пространства и времени никогда не выступает сам по себе как таковой, а раскрывается через относительные пространственно-временные формы. Следовательно, с этой точки зрения, исходящей из закона меры, непрерывность пространства и времени не выступает сама по себе, а раскрывается лишь через противоположное свойство — через дискретность. Но в этом как раз и выражается единство свойств дискретности и непрерывности пространства и времени.

Свойства дискретности и непрерывности выступают в единстве и в случае конкретных пространственно-временных форм. Подобно тому, как невозможно понять сущность вопроса об абсолютности и относительности пространства и времени в отрыве от правильного понимания абсолютности и относительности движущейся материи, нельзя решать вопросы о прерывности и непрерывности конкретной пространственно-временной формы вне связи с прерывностью и непрерывностью самого материального объекта и процесса его движения. Любой конкретный материальный объект обладает соответствующей ему пространственно-временной формой. Находясь в движении (понимаемом в широком смысле), этот материальный объект обязательно качественно изменяется, сохраняясь при этом в рамках присущей ему меры. Моменты качественной изменчивости и сохраняемости объекта выступают, следовательно, лишь в единстве. Но качественной сохраняемости материального объекта соответствует непрерывность его пространственно-временной формы, изменчивости же его — дискретность (в смысле несохраняемости) этой формы. Следовательно, любая конкретная пространственно-временная форма, являющаяся формой существования конкретного материального объекта, всегда обнаруживает в неразрывном единстве свойства дискретности и непрерывности, понимаемые в смысле закона меры. Более того, пространственно-временная форма любого кон-

кретного материального объекта, сохраняясь как таковая и в этом смысле будучи непрерывной, вместе с тем выступает как «смонтированная» из отдельных качественно различных пространственно-временных форм существования отдельных структурных элементов этого объекта и, следовательно, обладает дискретной структурой.

Наконец, единство свойств дискретности и непрерывности у пространства и времени может быть связано, с точки зрения закона меры, с их противоречивостью. Поскольку противоречивость пространства заключается в том, что у него в единстве выступают свойства протяженности и структурности, и поскольку протяженность пространства выражает его непрерывность, а структурность — его прерывность, постольку противоречивость пространства выражает единство у него свойств дискретности и непрерывности. Точно так же, поскольку противоречивость времени заключается в единстве у него свойств длительности и течения, смены моментов и поскольку в свойстве длительности находит выражение свойство непрерывности времени, а в течении, смене моментов — свойство дискретности времени, постольку противоречивость времени выражает единство у него свойств дискретности и непрерывности.

Только что рассмотренные три аспекта единства прерывности и непрерывности пространства и времени самым непосредственным образом связаны с диалектическим законом меры и вытекают из диалектико-материалистического учения о движении материи. Нетрудно понять, что все эти аспекты тесно взаимосвязаны и могут быть истолкованы единым образом с точки зрения противоречивости пространства и времени сосуществующих объектов. Поэтому в итоге мы приходим к следующему представлению.

Единство свойств непрерывности и дискретности у пространства сосуществующих объектов и у пространства каждого из сосуществующих объектов выражается в том, что пространство сосуществующих объектов представляет собой «монтаж» из пространств каждого из сосуществующих объектов, которые «смонтированы» из непрерывных и качественно различных пространств структурных элементов этих объектов. Единство свойств непрерывности и дискретности у времени как формы существования объектов и у времени как формы существования каждого из сосуществующих объектов выражается в том, что время сосуществующих объектов представляет смену различных длительностей, выражающих устойчивость определенных типов связи сосуществующих объектов; при этом каждая конкретная длительность представляет «монтаж» из других

длительностей, выражающих устойчивость структурных элементов каждого из сосуществующих объектов.

Это общее решение проблемы соотношения прерывного и непрерывного пространства и времени, как мы видели, непосредственно связано с пониманием объектов как системы сосуществующих объектов, или как системы сосуществующих структурных элементов объекта. Другими словами, интересующая нас проблема тесно связана с проблемой элементарности материального объекта, решение которой с точки зрения диалектического материализма «не допускает понятия чисто относительной элементарности и также расходится со старой атомистикой. Бесконечный ряд делений материи представляет собой не просто дурную бесконечность бесконечного прогресса, но имеет, как отметил еще Энгельс, различные узловые пункты, обуславливающие различные качественные формы существования всеобщей материи. С этой точки зрения материя не есть элементарные частицы или их сочетание, не есть также субстанция, не состоящая из элементарных частиц; материя в целом обладает в одно и то же время свойствами элементарного и сложного»<sup>32</sup>. Иначе говоря, ни один материальный объект нельзя рассматривать как абсолютно элементарный. Это значит, что всякий материальный объект обладает той или иной структурой, даже если этот объект таков, что его нельзя рассматривать как состоящий из других объектов, выступающих как части единого целого. Именно к таким объектам относятся так называемые «элементарные» частицы. Поэтому понятие структурности материального объекта, связанное с представлением о сосуществовании материальных объектов, в применении к «элементарным» частицам требует дальнейшего уточнения и углубления. Современная физика «элементарных» частиц уже вступила на путь экспериментального исследования структуры микрообъектов и имеет веские доказательства того, что диалектико-материалистическая точка зрения на проблему элементарности является в общем правильной. Следовательно, отправляясь от нее, мы вправе надеяться, что, используя естественнонаучный материал, можем вскрыть некоторые новые стороны единства свойств дискретности и непрерывности в пространственно-временных формах микрообъектов, которые остаются в тени при общем решении проблемы соотношения прерывного и непрерывного у пространства и времени как форм существования материи.

<sup>32</sup> М. Э. Омеляновский. Проблема элементарности частиц в квантовой физике. Сб. «Философские проблемы физики элементарных частиц». М., Изд-во АН СССР, 1963, стр. 68—69.

Однако прежде чем перейти к непосредственному рассмотрению вопроса о соотношении дискретности и непрерывности у пространства и времени микрообъектов, необходимо обратить внимание еще на один аспект понимания сущности пространства и времени материальных объектов вообще.

### **5. Пространство и время как совокупность определенных свойств, отношений и состояний материальных объектов**

Рассматривая вопрос о пространстве и времени, мы исходили из определения Ф. Энгельса, которое принимал и В. И. Ленин: «пространство и время — формы бытия материи». При этом не проводилась специальная конкретизация категорий «форма» и «содержание», употребляемых для определения пространства и времени. Однако в последнее время в нашей философской литературе был поднят вопрос о необходимости конкретизации данного Ф. Энгельсом определения пространства и времени.

Дело в том, что это определение по-разному интерпретируется как философами, так и естествоиспытателями. Как отмечает П. С. Дышлевый, «интерпретации формулы Энгельса «пространство и время — формы бытия материи» состоят в следующем: а) пространство и время суть формы, материя (или «движущаяся материя») — содержание, б) пространство и время суть условия бытия материи, в) пространство и время суть совокупность определенных свойств и отношений материальных объектов и их состояний (процессов), г) пространство и время суть определенный вид материи»<sup>33</sup>.

При этом П. С. Дышлевый считает, что интерпретация а), во-первых, не охватывается философским понятием материи и, во-вторых, противоречит положению диалектического материализма о материальном единстве мира, в силу чего от нее необходимо отказаться. Аргументы, должны служить основанием для необходимости отказа от интерпретации а), сводятся к следующим. Поскольку форма представляет из себя «нечто», отличное от содержания, постольку, признавая пространство и время формами существования материи, мы допускаем существование чего-то, отличного от материи, противостоящего материи хотя бы в каком-то отношении. Если признать это «не-

---

<sup>33</sup> П. С. Дышлевый. Пространственно-временные представления общей теории относительности. Сб. «Философские вопросы современной физики». Киев, «Наукова думка», 1964, стр. 71—72.

что» материей, то мы вводим два философских понятия материй, что проговоречит материалистическому монизму. Если это «нечто» признать нематериальным, то мы отступаем от положения о материальном единстве мира, допуская существование чего-то наряду с материей, что может воздействовать на материю (так как, согласно диалектике формы и содержания, форма может оказывать и оказывает активное влияние на содержание).

П. С. Дышлевый считает, что невозможно принимать и интерпретацию б). Основания для этого он усматривает в соображениях, аналогичных вышеприведенным. Так как интерпретация б) исходит из признания существования материи и определенных условий, в которых она существует, то сами эти условия можно понимать двояко: либо как материальные, либо как нематериальные. Но в первом случае мы порываем с материалистическим монизмом, во втором — с положением о материальном единстве мира. Поскольку ни то, ни другое недопустимо, постольку мы и должны отказаться от интерпретации б).

По поводу интерпретации г) П. С. Дышлевый не пытался высказывать какого-либо окончательного суждения. Дело в том, что в настоящее время, как считает П. С. Дышлевый, мы не располагаем бесспорными фактическими данными, которые позволяли бы окончательно принять или отбросить эту интерпретацию: одни авторы допускают возможным принять интерпретацию г), другие высказывают аргументированные соображения против такой возможности. Так, А. И. Уёмов, придя к выводу о возможности взаимодействия пространства и времени с материей<sup>34</sup>, приходит фактически, как это справедливо подчеркивает Р. А. Аронов<sup>35</sup>, к признанию пространства и времени некоторыми видами материи. Еще более решительно подобная точка зрения отстаивается в так называемой геометродинамике, разрабатываемой Дж. Уилером<sup>36</sup>, где время сводится к пространству, а пространство рассматривается как своего рода праматерия. Наряду с сильными сторонами геометродинамика имеет немало и слабых сторон, на которые обращает внимание ряд авторов<sup>37</sup>.

---

<sup>34</sup> А. И. Уёмов. Может ли пространственно-временной континуум взаимодействовать с материей? «Вопросы философии», 1954, № 3.

<sup>35</sup> Р. А. Аронов. К вопросу о связи пространства и времени с движением материи. «Некоторые вопросы философии», Межвузовский философский сборник, № 1. Кишинев, 1959.

<sup>36</sup> Дж. Уилер. Гравитация, нейтрино и Вселенная. М., ИЛ, 1962.

<sup>37</sup> См., например, А. Ф. Перетурин. Единство атрибутов материи. М., «Знание», 1966.

Итак, отвергнув интерпретации а) и б) и оставляя открытым вопрос относительно интерпретации г), П. С. Дышлевый считает единственно возможной (по крайней мере в настоящее время) интерпретацию в), которая «...предусматривает существование пространства и времени как существеннейших *атрибутов* материи (как субстанции), *способа* бытия материи, предполагает наличие существования особых пространственно-временных свойств и отношений, присущих материи в любых ее видах и состояниях (в этом заключается атрибутивность, всеобщность пространства и времени)»<sup>38</sup>.

Такую же точку зрения защищает и И. А. Хасанов<sup>39</sup>.

Однако для столь категорического отрицания интерпретаций а) и б) и признания единственно возможной лишь интерпретации в) не имеется все же достаточных оснований. Попытку П. С. Дышлевого доказать, что интерпретация а) противоречит принципу материалистического монизма и положению о материальном единстве мира, следует признать неудавшейся. Видимость доказательства создается некорректной постановкой вопросов.

Если мы признаем пространство и время формами существования материи, то тем самым мы признаем, что эти формы представляют собой «нечто» противостоящее материи в том смысле, что формы существования материи являются именно формами, а не материей, что эти формы являются необходимыми, существенными, неотъемлемыми свойствами материи, без которых она не может существовать, т. е. атрибутами материи. Но в таком случае отпадает дилемма, выраженная в вопросе, является ли это «нечто» материей или чем-то нематериальным. Понятие нематериального — синоним понятия идеального. Так как формы существования материи объективны, то они не могут быть нематериальными. Но признание материальной природы форм существования материи не противоречит принципу материалистического монизма и принципу материального единства мира, а вытекает именно из этих принципов, ибо единство мира заключается в его материальности, а «материальность мира означает, что в мире нет ничего, что не было бы материей, ее свойством или каким-либо продуктом ее развития, что не подчинялось бы в конечном счете закону сохранения материи и движения, закону причинности и другим диалектическим закономерностям»<sup>40</sup>.

<sup>38</sup> П. С. Дышлевый. Указ. соч., стр. 76.

<sup>39</sup> И. А. Хасанов. Две концепции пространства и времени. «Вопросы философии», 1966, № 2.

<sup>40</sup> С. Т. Мелюхин. Материя в ее единстве, бесконечности и развитии. М., «Мысль», 1966, стр. 47.

Если же П. С. Дышлевый, рассуждая о пространстве и времени, имеет в виду категории пространства и времени, то ему, видимо, небезызвестно, что «эти формы существования материи без материи суть ничто, пустые представления, абстракции, существующие только в нашей голове»<sup>41</sup>. Но в таком случае доказывать, что эти пустые представления, абстракции нельзя считать материей, — значит воевать с несуществующим противником. Такие абстракции действительно представляют собой нечто нематериальное. Нематериальная природа абстракций была научно объяснена классиками диалектико-материалистической философии именно с позиций материалистического монизма и материального единства мира.

Если учесть, что наличие определенных форм является необходимым условием существования материи, то становится совершенно ясно, что аргументация П. С. Дышлевого против интерпретации б) страдает теми же недостатками, что и аргументация против интерпретации а).

Та осторожность, которую проявляет П. С. Дышлевый в отношении интерпретации г), ничем не оправдана. Признать пространство и время определенными видами материи — значит признать возможность существования материи вне времени и пространства, значит признать возможность существования материи вне связи с движением, ибо «движение есть сущность времени и пространства»<sup>42</sup>. Нет надобности доказывать здесь несостоятельность подобной точки зрения после того, как это блестяще доказано В. И. Лениным в работе «Материализм и эмпириокритицизм». Вся общественно-историческая практика человечества убедительнейшим образом доказывает, что «бытие вне времени есть такая же величайшая бессмыслица, как бытие вне пространства»<sup>43</sup>.

Таким образом, если нет основания для того, чтобы отбросить интерпретации а) и б) формулы Ф. Энгельса «пространство и время—формы существования материи», и имеются убедительные основания для того, чтобы решительно отвергнуть интерпретацию г), то нельзя признать единственно возможной интерпретацию в). Но в таком случае представляется определенный интерес выяснить, в каком отношении находятся существующие приемлемые интерпретации указанной формулы Ф. Энгельса. Для этого, очевидно, необходимо выяснить смысл категорий «содержание» и «форма».

---

<sup>41</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 20, стр. 550.

<sup>42</sup> В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 29, стр. 231.

<sup>43</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 20, стр. 51.

Категории «содержание» и «форма» имеют несколько смыслов. Отмечая именно это обстоятельство, В. И. Свидерский пишет: «Прежде всего, нужно помнить, что понятия содержания и формы суть сугубо суммарные понятия. Мы говорим о содержании как о совокупности элементов, материальных связей, процессов и т. д.; но затем мы говорим о содержании, что это то внутреннее, что выступает через внешнее, что содержание — основа явления; мы понимаем содержание как данное явление, выраженное через другие явления, говорим, что содержание — это источник чего-либо и т. д.

Аналогичная картина и со смыслами понятия формы. Так, мы говорим, что внутренняя форма есть структура, строение содержания, что она есть закон этого строения содержания, закон связи элементов и т. д., но форма толкуется и как внешний вид, граница чего-либо; имеется также понимание формы как выражения осуществления, проявления содержания. Встречается понимание формы в смысле разновидности чего-либо; в смысле выражения одного явления через другое или одного содержания через другое и т. д.»<sup>44</sup>.

Если, как это делает В. С. Свидерский, вычленив в применении к материи, пространству, времени из указанного комплекса значений понятий содержания и формы значение содержания в смысле совокупности элементов и значение формы в смысле структуры, понимаемой как закон связи элементов, то интерпретации а) и в) совпадут, так как внутренняя организация содержания, закон связи элементов может проявляться лишь как совокупность определенных свойств и отношений структурных элементов и их состояний (процессов).

Понимая значение содержания в смысле совокупности элементов и значение формы в смысле структуры (понимаемой как закон связи, организации элементов), мы можем сказать, что форма является неотъемлемым условием бытия материи в том смысле, что всякое содержание обязательно каким-то образом организовано, оформлено (т. е. структурные элементы обязательно связаны по какому-то закону). Но в таком случае интерпретации а) и б) совпадают.

Из совпадения же интерпретаций а) и в), с одной стороны, и интерпретаций а) и б) — с другой, следует, что в определенном смысле (отмеченном выше) все три интерпретации а), б) и в) следует признать тождественными.

---

<sup>44</sup> В. И. Свидерский. Некоторые вопросы философской теории пространства и времени. Сб. «Философские вопросы современной физики». Киев, «Наукова думка», 1964, стр. 294. См. также А. М. Минасян. Категории содержания и формы. Ростов-на-Дону. Изд-во Рост. гос. ун-та, 1952.



Установление того факта, что упомянутые выше интерпретации а), б) и в) формулы Ф. Энгельса «пространство и время — формы бытия материи» в определенном смысле совпадают между собой, не только дает нам необходимую конкретизацию в истолковании этой формулы, но и указывает на то, что мы вправе понимать пространство и время как совокупность определенных свойств и отношений материальных объектов и их состояний. Такое понимание открывает возможность выявления некоторых новых сторон интересующего нас единства свойств непрерывности и дискретности в пространственно-временных формах любых материальных объектов, в том числе и микрообъектов.

## 6. Состав и строение индивидуального времени объектов

Исходя из понимания времени именно как совокупности определенных свойств, Ю. А. Урманцев и Ю. П. Трусов предприняли попытку выявить некоторые особенности времени<sup>45</sup>. Их точка зрения по этому вопросу сводится к следующему.

Поскольку материя как объективная реальность — это бесконечное множество взаимосвязанных качественно или количественно различных объектов, постольку и реальное время, являясь формой бытия этих объектов, предстает как бесконечное множество единичных, индивидуальных времен — времен отдельных объектов.

Индивидуальное время можно рассматривать как единство всех таких свойств объекта, которые могут быть изучены посредством хронометра. Но единство определенных свойств объекта есть также свойство объекта. Поэтому индивидуальное время, понимаемое таким образом, выступает как свойство относительно самостоятельное, отличное от всех других. Именно это обстоятельство позволяет исследовать природу времени в чистом виде, абстрагируясь от всех других признаков, кроме временных. Возможность такого исследования существенно базируется на свойстве дления материальных объектов, т. е. на свойстве сохранения ими своих качеств относительно неизменными.

Точка зрения теоретической физики на природу времени выглядит весьма односторонней. Дело в том, что в теоретической физике индивидуальное время обычно понимают просто

---

<sup>45</sup> Ю. А. Урманцев, Ю. П. Трусов. О свойствах времени. «Вопросы философии», 1961, № 5, стр. 58—70.

как общую продолжительность существования объекта, как  $n$  единиц времени и полагают, что оно есть величина скалярная. Но в таком представлении нет места прошедшему, настоящему и будущему, так как индивидуальное время выступает сразу же как готовое, законченное. Оно, образно говоря, есть просто показания часов в последний момент существования данного объекта (от начала измерения).

В действительности же индивидуальное время, как и все в мире, не есть что-то неизменное, всегда завершенное. Его величина, вначале равная 0, по мере развития объекта проходит через непрерывный ряд значений:  $T_0, T_1, T_2, \dots, T_n$ , так что  $T_0 < T_1 < T_2 < \dots < T_n$ , пока не достигнет своего максимального конечного значения  $T_n$ .

Конечность величины любого индивидуального времени следует рассматривать как проявление коренного свойства материальных объектов изменять свои качества, превращаться друг в друга, т. е. свойства закономерной брэнности отдельных материальных объектов.

Отсюда следует, что индивидуальное время представляет собой не только дление, но и брэнность, т. е. оно изменчиво, ему присущи начало, конец и одно направление: оно стремится в своем течении от начала к концу — от прошлого к будущему через настоящее и, по-видимому, никогда наоборот. В этом смысле мы вправе говорить о его одномерности и необратимости, которая иначе предстает как невозможность для объектов такого «омоложения», при котором они могли бы в точности, но в обратном порядке повторить все свои прошедшие состояния.

Наличие у индивидуального времени абсолютной величины, начала, конца и направления приводит к мысли о том, что время является величиной направленной — вектором, имеющим, по-видимому, всегда одно направление.

Так как дление и закономерная брэнность являются главнейшими временными свойствами материальных объектов, то индивидуальное время выступает как единство длениа и закономерной брэнности<sup>46</sup>.

Индивидуальные времена различных объектов не являются однородными потоками, внутренне не примечательными, только непрерывностью, так как эти времена внутри себя раз-

---

<sup>46</sup> Термины «дление», «закономерная брэнность», «дление — брэнность» заимствованы у В. И. Вернадского (см. В. И. Вернадский. Проблема времени в современной науке. «Изв. АН СССР, Отд. математических и естественных наук», 1932, № 4).

делены на отрезки, выделенные самой природой, — времена фаз и стадий развития объектов. Но вместе с тем они не являются и «скопщиком» времен отдельных фаз развития, связанным только прерывностью, так как времена этих фаз и стадий развития продолжают друг друга, вследствие чего возникает непрерывность. Индивидуальные времена являются единством прерывности и непрерывности.

Математически время любого объекта можно представить как сумму времен фаз (стадий) его развития

$$T_I = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n, \text{ или } T_I = \sum_{i=1}^n t_i, \quad (1)$$

где  $T_I$  — индивидуальное время;  $t_i$  —  $i$ -й элемент  $T_I$ , т. е. время существования  $i$ -й фазы развития данного объекта,  $n$  — число элементов времени (равное числу фаз развития объекта).

Графически уравнение (1) можно представить в виде вектора (рис. 1). Такое изображение индивидуального времени названо хронограммой, а сам вектор — сложным вектором.

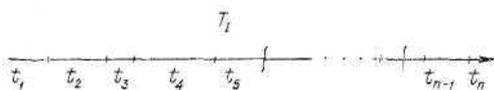


Рис. 1. Хронограмма индивидуального времени

Хронограмма наглядно отображает присущие индивидуальному времени ( $T_I$ ) одномерность, направленность, определенную величину, начало, конец, составленность из  $n$  элементов ( $t$ ), порядок следования элементов и величину каждого из них, наличие  $n-1$  границ между элементами (резких —  $|$  и нерезких —  $f$ ).

Представление о внутренней сложности индивидуального времени позволяет выявить ряд новых общих характеристик и теоретически предсказать ряд свойств индивидуального времени. Прежде всего составленность индивидуального времени из самой природой выделяемых элементов позволяет говорить о составе любого  $T_I$ , определяемом числом и характером (модулем и направлением) его элементов. Далее, понятие о составе индивидуального времени приводит к выводу, о том, что время объекта должно обладать внутренним строением. В самом деле, рассматривая хронограммы двух индивидуальных времен  $T_K$  и  $T_L$  (рис. 2), мы видим, что они, будучи одинаковыми по

составу (так как  $t_{K_1} = t_{L_2}$ ,  $t_{K_2} = t_{L_1}$ ), тем не менее различаются по взаимному положению элементов времени относительно друг друга, т. е. по своему строению.

Подобно тому, как в химии понятие химического строения привело А. М. Бутлерова к объяснению явления изомерии, понятие строения индивидуального времени ведет к выводу о возможности изомерии времени. Изомерией времени, или хроноизомерией, можно назвать такое явление, когда индивидуальные времена, будучи одинаковыми по составу и равными по общей продолжительности, различались бы по своему строению. Сами такие времена можно назвать хроноизомерами (см. рис. 2).

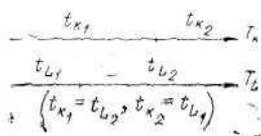


Рис. 2. Одинаковые по составу, но различные по строению индивидуальные времена (хроноизомеры)

Видимо, не исключено, что в природе существуют такие качественно различные объекты, индивидуальные времена которых являются одинаковыми по своему составу и строению. Можно также допустить существование таких качественно тождественных объектов, индивидуальные времена которых различны по составу и строению. В первом случае мы имели бы дело с хроноизоморфизмом, а во втором — с хронополиморфизмом.

Поскольку определяя явления хроноизомерии, хроноизоморфизма и хронополиморфизма, мы обращаемся к понятиям равенства и неравенства индивидуальных времен, необходимо дать четкие определения этим понятиям. Естественно считать, что два индивидуальных времени являются равными в том случае, если их хронограммы при взаимном наложении совместятся во всех своих деталях, т. е. если они коллинеарны и одинаковы по составу и строению (числу, модулю, направлению и порядку элементов времени); в противном случае их следует считать неравными. Такое понимание равенства индивидуальных времен существенно отличается от общепринятого. В самом деле, например, в случае, изображенном на рис. 2, с обычной точки зрения  $T_K = T_L$ , так как  $|T_K| = |T_L|$ . С точки зрения же данных выше определений эти времена не равны, так как они различны по своему строению.

С выявлением внутренней сложности и внутреннего строения индивидуального времени обнаруживается, что в понятие

индивидуального времени входят внутренняя определенность, различие, отношение, т. е. все признаки качества.

Какие же индивидуальные времена следует считать количественно и (или) качественно одинаковыми или различными? Ясно, что равные индивидуальные времена являются качественно и количественно одинаковыми. Неравные же индивидуальные времена могут быть по отношению друг к другу либо подобными, если

$$t^{K_1} : t^{K_2} : \dots : t^{K_n} = t^{L_1} : t^{L_2} : \dots : t^{L_n},$$

либо неподобными, если такого равенства нет. Если подобные индивидуальные времена считать одинаковыми качественно и различными количественно, то неравные и неподобные индивидуальные времена мы должны считать количественно и качественно различными.

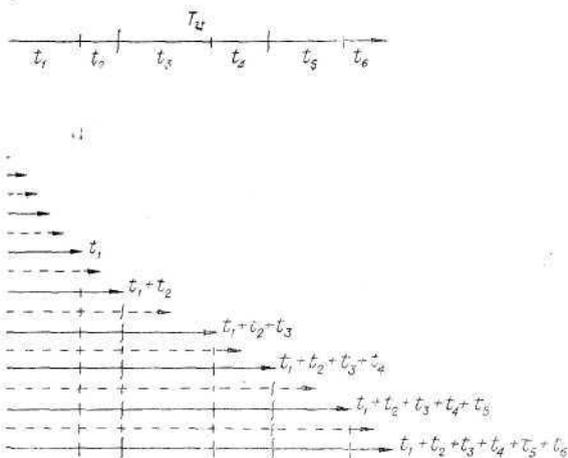


Рис. 3. Индивидуальное время в «онтогенезе»

Для иллюстрации количественных и качественных изменений индивидуального времени можно рассмотреть общий путь формирования времени различных объектов в плане их (объектов и времен) «онтогенеза». На рис. 3 показана, что индивидуальное время объекта  $U$  выступает не сразу в готовом, законченном виде, а по мере развития объекта испытывает вместе с объектом количественные и качественные изменения, т. е. развивается. Хронограммы  $T_U$ , построенные для различных моментов «онтогенеза», отражают возрастание (до некоторого предела) абсолютной величины каждого из вновь появляющихся элементов и всего индивидуального времени в целом.

усложнение его состава и строения (характера фигуры на прямой).

О количественных (не приводящих еще к качественным) изменениях индивидуального времени в процессе его «онтогенеза» можно говорить лишь на протяжении роста первого его элемента. Но как только появляется второй элемент, всякое дальнейшее количественное увеличение индивидуального времени непрерывно изменяет и его качество. Это связано с тем, что отношение величины второго (и каждого последующего) элемента к величине первого (и вообще каждого предыдущего) непрерывно изменяется по мере роста элемента.

Следует, однако, заметить, что такое истолкование количественных и качественных изменений индивидуального времени обнаруживает определенное несоответствие с представлением о том, что качество объекта в целом остается неизменным на протяжении каждой фазы его развития и изменяется только при вступлении объекта в новую фазу (стадию) развития. Это несоответствие появилось как результат отвлечения от того, что всякий элемент всякого индивидуального времени принадлежит определенной фазе развития объекта.

Устранить указанное несоответствие можно путем переопределения некоторых понятий. В самом деле, если характер элемента индивидуального времени определить принадлежностью его (элемента) определенной фазе развития объекта (и направлением), а не величиной (и направлением), то окажется, что каждый элемент может менять свою величину, не изменяя при этом характера. Но такой подход требует и соответствующего изменения понятия равенства, подобия, изоморфизма и т. д. индивидуальных времен. Однако модификация этих определений не представляет серьезных трудностей и не меняет принципиально развиваемых представлений. Далее, если изменение индивидуального времени происходит таким образом, что изменяются лишь абсолютная величина тех или иных его элементов и его общая продолжительность, но остаются неизменными число и порядок следования элементов каждого характера, то естественно назвать такое изменение индивидуального времени количественным. Если эти количественные изменения приводят к изменению числа и (или) взаимного положения элементов индивидуального времени, т. е. к изменению его строения, то мы имеем дело с переходом количественных изменений в качественные. Наличие именно таких переходов устраняет отмеченное выше несоответствие.

Если мы будем рассматривать время космоса с точки зрения понятия об индивидуальном времени, то в общем можно

сказать, что оно (время космоса) представляет собой бесконечное множество качественно или количественно различных индивидуальных времен, которые определенным образом между собой взаимосвязаны. Множество конкретных видов такой связи можно четко разделить на два класса.

**Связь первого рода.** Этой связью охватываются те случаи, когда конец существования одного объекта является началом другого. Это отношение между генетически связанными объектами можно представить в виде схемы

$$\begin{aligned} \dots \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow \dots & \quad (2) \\ \dots \rightarrow T_A \rightarrow T_B \rightarrow T_C \rightarrow T_D \rightarrow \dots & \end{aligned}$$

где  $\dots A, B, C, D, \dots$  — превращающиеся один в другой объекты, а  $\dots T_A, T_B, T_C, T_D, \dots$  — продолжающие друг друга их индивидуальные времена<sup>47</sup>.

Так как число образующих этот ряд объектов и их индивидуальных времен бесконечно в обе стороны, то можно записать

$$T = \sum_{l=-\infty}^{\infty} T_l,$$

где  $T$  — мировое время, т. е. время всего бесконечного ряда этих объектов. Этой схеме может отвечать бесчисленное множество мировых времен.

**Связь второго рода** — это связь не продолжающих друг друга индивидуальных времен  $T_l$ . Так как время любого объекта можно исследовать не только на уровне его как целого, но и на уровне его «составных частей», то в качестве  $T_l$  мы можем рассматривать индивидуальные времена этих «составных частей» объекта. Поступая таким образом, мы обнаруживаем: 1) некоторое множество  $T_l$  «частей», которые по своей продолжительности могут и не совпадать с временем целого; это множество выражается тем большим числом, чем сложнее, дифференцированнее объект; 2) особые для  $T_l$  каждой «части» состав и строение, нередко характеризующиеся периодической (ритмической) формой; 3) временную согласованность в деятельности этих «частей»; функционирование одних из них протекает одновременно, а других — последовательно — сразу

<sup>47</sup> Приведенная упрощенная схема не учитывает более сложных отношений в генетических рядах объектов (и индивидуальных времен), например, когда из одного объекта возникают  $n$  других и, наоборот, когда из  $n$  объектов возникает один. Но это, понятно, не меняет принципиальной стороны дела.

или через те или иные промежутки времени. Причем картина временной согласованности материальных объектов усложняется по мере того, как увеличивается число «частных» времен вследствие возрастания в процессе развития числа «частей», слагающих эти объекты.

Время объекта на уровне его «частей» можно назвать временной организованностью. Последняя графически может быть выражена сложной хронограммой, представляющей собой систему частных хронограмм — параллельных сложных векторов, выражающих состав и строение времен рассматриваемых «составных частей» объекта и отнесенных к одной общей системе координат, к которой отнесено и индивидуальное время объекта в целом (рис. 4).

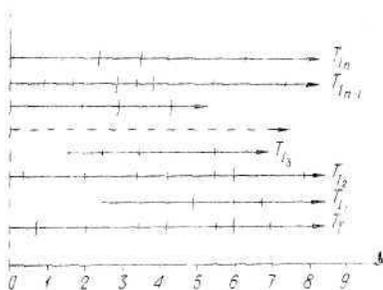


Рис. 4. Сложная хронограмма

Временная организованность является функцией числа и характера времен «составных частей» объекта и сводится к индивидуальному времени объекта в том случае, когда число «составных частей» объекта равно единице. При этом сложная хронограмма переходит в простую.

Небезынтересно знать, существует ли какая-либо зависимость между «частными» временами и временем объекта в целом и если существует, то какова ее природа. Видимо, в самом общем случае этим объектом может быть Вселенная. Совершенно ясно, что такая зависимость есть. Об этом говорит хотя бы то, что если величина времен всех «составных частей» объекта будет стремиться к нулю, то будет стремиться к нулю и индивидуальное время объекта. Однако более детальное выяснение природы этой зависимости требует дальнейшей как естественнонаучной, так и философской разработки проблемы времени.

Немалый научный интерес представляет и проблема зависимости индивидуальных времен от тех причин, которые определяют их абсолютную величину, состав и строение, а также их временную организованность. Без выявления природы этой зависимости человек вряд ли научится управлять закономерностями течения времени объектов.

Из того факта, что число элементов времени определяется числом фаз развития объекта, временная организованность — числом естественных «составных частей» объекта и т. д., сле-



дует, что конкретные характеристики индивидуального времени определяются конкретными особенностями внутреннего движения и пространственного строения объекта. Однако различными внешними воздействиями можно существенно повлиять на характер внутренних движений объекта, а тем самым и на абсолютную величину, состав и строение индивидуального времени объекта и его временную организованность. Поскольку как сами внутренние условия, так и их единство с внешними противоречивы, постольку в конечном счете противоречия определяют сущность индивидуального времени, его величину, состав и строение, временную организованность. Сам же эти противоречия являются выражением единства и «борьбы» противоположностей в объектах. Единство противоположностей обуславливает дление, а их «борьба» — закономерную бренность объектов, неизбежность конца существования данного объекта и его времени и начала другого. Поэтому индивидуальное время объекта выступает как единство дления и закономерной бренности, что является иным выражением единства непрерывности и прерывности времени.

### **7. Индивидуальное Пространство — Время как единство дления и бренности объектов**

Развитый выше подход к выявлению некоторых общих свойств индивидуального времени естественно наводит на мысль распространить подобный подход на случай выявления некоторых общих свойств индивидуального пространства материального объекта. Однако попытка реализовать эту идею сразу же приводит нас к необходимости рассматривать так называемое индивидуальное Пространство — Время, а не просто индивидуальное пространство и индивидуальное время.

Если «индивидуальное время есть единство всех таких свойств, объекта, которые могут быть изучены посредством хронометра»<sup>48</sup>, то индивидуальное пространство можно определить как единство всех таких свойств объекта, которые могут быть изучены посредством радиосигналов и хронометра.

Дление является одним из наиболее важных свойств индивидуального времени, отражающим его непрерывность. Но в свойстве дления времени находит свое отражение свойство дления объектов, т. е. свойство объектов сохранять относительно неизменными свои качества и свойства, в том числе и те, которые могут быть изучены посредством радиосигналов и хро-

<sup>48</sup> Ю. А. Урманцев, Ю. П. Трусов. Указ. соч., стр. 58.

нометра. Другими словами, со свойством дления материальных объектов неразрывно связано свойство протяженности индивидуальных пространств этих объектов, отражающее непрерывность этих пространств. Поэтому протяженность выступает как одно из наиболее важных свойств индивидуального пространства.

Из определения индивидуального времени и индивидуального пространства следует, что невозможно изучать свойства индивидуального пространства в отрыве от свойств индивидуального времени. Более того, из этого же определения следует, что индивидуальное пространство объекта неразрывно связано с его индивидуальным временем, в силу чего следовало бы говорить об индивидуальном Пространстве — Времени объекта, а не отдельно об индивидуальном пространстве и индивидуальном времени. В связи с этим важно обратить внимание на то, что индивидуальное Пространство — Время не обязано быть только тем пространством — временем, которое известно из теории относительности (специальной и общей). Чтобы оттенить именно этот момент, мы в дальнейшем будем говорить об индивидуальном Пространстве — Времени. Вопрос о мерности Пространства — Времени и мерности отдельно пространства и времени, образующих единое Пространство — Время, не может быть решен с точки зрения приведенных выше определений. Это вопрос особых исследований, который уже находит свое освещение в литературе<sup>49</sup>.

Если протяженность и дление являются важнейшими сторонами соответственно индивидуального пространства и индивидуального времени, то протяженность — дление является одним из важнейших свойств индивидуального Пространства — Времени, отражающее его непрерывность.

Индивидуальное Пространство — Время, будучи формой существования индивидуального объекта, в своей природе, сущности и свойствах определяется своим содержанием — самим объектом. Одним из таких свойств индивидуального Пространства — Времени следует признать свойство его закономерности, которое непосредственно вытекает из свойства закономерности материальных объектов.

Таким образом, индивидуальное Пространство — Время — это не только протяженность — дление, но и брренность, т. е.

<sup>49</sup> См., например, Г. И. Наан, В. В. Казютинский. Фундаментальные проблемы современной астрономии. Материалы к симпозиуму «Диалектика и современное естествознание» (Москва, 26—29 октября 1966 г.), вып. 4, М., «Наука», 1966, стр. 162—177; А. М. Мостепаненко, М. В. Мостепаненко, Указ. соч.

дно изменчиво, ему присущи начало и конец. Другими словами, индивидуальное Пространство — Время выступает как единство протяженности — дления и закономерной брэнности как прехождение объекта. Это единство, следовательно, выражает единство свойств непрерывности и дискретности индивидуального Пространства — Времени.

Поскольку протяженность — дление индивидуального Пространства — Времени представляет собой метрически-топологическое свойство, постольку метрическая сторона этого свойства может быть выражена на языке математики путем задания метрики. При этом метрика индивидуального Пространства — Времени должна быть функцией индивидуального времени. Это следует хотя бы из свойства закономерной брэнности индивидуального Пространства — Времени.

Однако необходимо уточнить характер зависимости метрики индивидуального Пространства — Времени от индивидуального времени. Если исходить только из представления о брэнности индивидуального Пространства — Времени, то метрика индивидуального Пространства — Времени может быть представлена произведением двух сомножителей, первое из которых характеризует собственно метрику, не зависящую от текущего момента индивидуального времени, а второе представляет собой множитель, равный некоторой константе (в частности, единице) во все моменты времени  $0 < t < T_I$ , за исключением  $t = T_I$ , когда этот множитель становится равным, например, нулю (здесь  $T_I$  — индивидуальное время объекта). Равенство нулю метрики индивидуального Пространства — Времени в момент времени  $t = T_I$  можно в таком случае истолковать как конец данного индивидуального Пространства — Времени. Однако такой характер зависимости метрики индивидуального Пространства — Времени от индивидуального времени не отражает того факта, что внутренние движения индивидуального объекта составляют сущность индивидуального Пространства — Времени. Внутренние же движения объекта приводят к перестройке его внутренней структуры, т. е. к изменению состояний объекта. Каждому же новому состоянию объекта, вообще говоря, соответствует и новое Пространство — Время этого объекта, понимаемое как совокупность определенных свойств, отношений и состояний этого объекта. Следовательно, зависимость метрики индивидуального Пространства — Времени от индивидуального времени должна отражать факт развития индивидуального Пространства — Времени: с развитием индивидуального времени развивается и метрика индивидуального Пространства — Времени. Более того, выражение, опре-

деляющее метрику индивидуального Пространства — Времени, должно быть таково, чтобы была возможность различать фазы развития индивидуального Пространства — Времени.

Развитие объекта является результатом единства и «борьбы» противоположностей, внутренне присущих объекту. Но такая «борьба» (а значит и внутренние движения) была бы невозможной, если бы материя, образующая объект, не была бы непрерывной в «границах» этого объекта на протяжении всего его индивидуального времени. Другими словами, непрерывность материи в пространстве и во времени (хотя бы это пространство и это время были ограничены) является необходимым условием самодвижения материального объекта. Самодвижение же материального объекта является необходимым условием изменения его состояний и, следовательно, предстает как необходимое условие развития индивидуального Пространства — Времени. Но условие условия есть также условие. Поэтому метрика индивидуального Пространства — Времени, ко всему сказанному, должна быть функцией дифференциалов  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$ ,  $dt$  пространственных и временной координат, которые (дифференциалы) и отражают отмеченный выше факт непрерывности материи в пространстве и во времени. Вид же этой функции определяется природой самого объекта.

Если в физике метрика пространства — времени (или просто пространства) задается в виде квадратичной формы  $dS^2$ , зависящей от  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$ ,  $dt$ , то метрика Пространства — Времени не может быть определена такой формой. И это обстоятельство связано с тем, что в физике  $dS^2$ , как правило, явно не зависит от времени  $t$ <sup>50</sup>, а также с тем, что из самого понятия  $dS^2$  как квадрата бесконечно малой (в смысле математики) величины следует, что различать фазы развития Пространства — Времени (если его метрика зависит от времени) невозможно, так как бесконечно малые одного порядка нельзя сравнивать. Это обстоятельство подводит нас к необходимости ввести для обозначения метрики индивидуального Пространства — Времени символ  $DS^2$ , а самую метрику выражать, согласно вышесказанному, некоторой функциональной зависимостью

$$DS^2 = f_t(dx, dy, dz, dt, t), \quad (3)$$

где  $t$  — текущий момент индивидуального времени  $T_t$ . Этим самым мы отражаем объективно существующий изоморфизм

<sup>50</sup> В теории тяготения, однако, зависимость  $dS^2$  от времени  $t$  может быть учтена через посредство гравитационного потенциала, который может зависеть от времени.

метрики Пространства — Времени и индивидуального времени.

Если индивидуальное время является единством прерывности и непрерывности, то в силу (3) индивидуальное Пространство — Время является также единством прерывности и непрерывности. Рассмотрим, однако, характер этого единства более подробно.

Поскольку единство прерывности и непрерывности у индивидуального времени объекта позволяет записать его в виде

$$T_I = \sum_{i=1}^n t_{Ii}, \quad (4)$$

где  $T_I$  — индивидуальное время;  $t_{Ii}$  —  $i$ -й элемент  $T_I$ , т. е. время существования  $i$ -й фазы развития данного объекта;  $n$  — число элементов времени (равное числу фаз развития объекта), постольку развитие метрики индивидуального Пространства — Времени может быть представлено формулой

$$DS_I = \begin{cases} DS_{I1}, t = t_{I1} \\ DS_{I2}, t = t_{I2} \\ DS_{I3}, t = t_{I3} \\ \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots \\ DS_{In}, t = t_{In}. \end{cases} \quad (5)$$

Эта формула отражает то обстоятельство, что концу каждой фазы развития объекта соответствует определенная фаза  $DS_{Ii}$  развития метрики индивидуального Пространства — Времени. Подобно тому, как формула (4) отражает единство прерывности и непрерывности индивидуального времени, формула (5) отражает единство прерывности и непрерывности индивидуального Пространства — Времени.

Однако формула (5) ничего не говорит о развитии метрики  $DS_{Ii}$  в пределах  $i$ -й фазы развития объекта. Нетрудно понять, что время  $t_{Ii}$  существования  $i$ -й фазы развития объекта представляет собой не что иное, как индивидуальное время этой фазы. Поэтому сам элемент  $t_{Ii}$  может быть представлен формулой, аналогичной формуле (4). В соответствии с этим формула (5) может быть записана более подробно с учетом развития элемента времени  $t_{Ii}$ .

Если элемент времени  $t_{Ii}$  сам состоит из элементов, то эти элементы, в свою очередь, можно мыслить состоящими из еще более мелких элементов и т. д. Такое рассуждение может

привести нас к представлению о бесконечно малых (в смысле математики) элементах индивидуального времени, в силу чего скажется необходимым заменить сумму (4) интегралом и прийти к противоречию: исходя из представления об индивидуальном времени как единстве прерывности и непрерывности, мы пришли к представлению об индивидуальном времени как чисто непрерывном. Однако такое противоречие возникло лишь потому, что мы пошли по пути формальной возможности, в то время как следует исходить из реальной действительности.

В самом деле,  $i$ -й элемент времени  $t_{ii}$  можно представить в виде суммы еще более мелких элементов лишь в том случае, если эти более мелкие элементы представляют собой время существования определенных различающихся состояний объекта в пределах  $i$ -й фазы. Следовательно, количество различающихся состояний объекта в пределах  $i$ -й фазы его развития определяет и то количество более мелких элементов времени, суммой которых может быть представлен  $i$ -й элемент  $t_{ii}$  индивидуального времени  $T_i$ . Поскольку понятие изменения имеет смысл лишь как изменение чего-то сохраняющегося, постольку понятие изменения состояний объекта предполагает сохраняемость этих состояний в течение некоторого времени. Из свойства закономерной брэнности материальных объектов и из временной продолжительности его состояний следует, что в пределах любой  $i$ -й фазы развития материального объекта количество его состояний может быть только конечно. Это значит, что элемент  $t_{ii}$  индивидуального времени можно представить в виде

$$t_{ii} = \sum_{j=1}^{m_i} \delta t_{ij}, \quad (6)$$

где  $\delta t_{ij}$  — время существования  $j$ -го состояния объекта в пределах его  $i$ -й фазы;  $m_i$  — число состояний объекта в пределах  $i$ -й фазы.

Представление о сохраняемости состояний в течение некоторого времени ведет к представлению о том, что переход материального объекта из одного состояния в другое может совершаться лишь скачком. Действительно, возможность плавных переходов объекта из одного состояния в другое противоречит представлению о сохраняемости состояний во времени и, следовательно, самому понятию изменения состояний<sup>51</sup>.

<sup>51</sup> С этой точки зрения следует также признать, что невозможны плавные переходы одной фазы развития объекта в другую. Поэтому хронограмма индивидуального времени, приведенная на рис. 1, не должна содержать перезких границ.



Видимо, отношение  $\delta S_{i1}/\delta t_{i1} = C_{i1}$  можно назвать скоростью изменения метрики индивидуального Пространства — Времени при переходе объекта из  $i$ -го состояния в  $(i+1)$ -е состояние.

Составленность метрики индивидуального Пространства — Времени из самой природой выделенных элементов позволяет говорить о составе метрики любого индивидуального Пространства — Времени, определяемом числом и характером его элементов.

Понятие о составе метрики индивидуального Пространства — Времени приводит нас к понятию внутреннего строения метрики индивидуального Пространства — Времени. В самом деле, рассматривая одоно-хронограммы двух индивидуальных Пространственно-Временных структур (рис. 6), мы замечаем, что они, будучи одинаковы по составу ( $\delta t_{11} = \delta t_{22}$ ,  $\delta t_{12} = \delta t_{21}$ ,  $\delta S_{10} = \delta S_{21}$ ,  $\delta S_{11} = \delta S_{20}$ ), тем не менее различаются по взаимному положению элементов индивидуального времени и элементов метрики индивидуального Пространства — Времени, т. е. по своему строению.

Понятие строения метрики индивидуального Пространства — Времени приводит к выводу о возможности изомерии метрики. Изомерией метрики индивидуального Пространства — Времени, или метрической одоно-хроноизомерией, можно было бы назвать такое явление, когда метрики индивидуальных Пространственно-Временных структур, будучи одина-

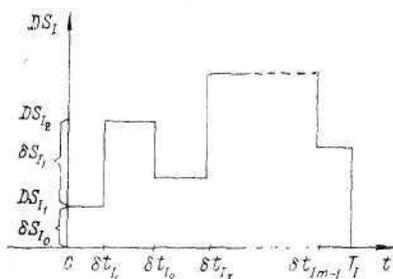


Рис. 5. Одоно-хронограмма метрики индивидуального Пространства — Времени

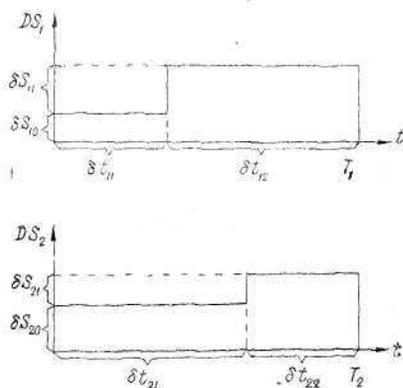


Рис. 6. Одинаковые по составу, но различные по строению метрики индивидуальных Пространственно-Временных структур (одоно-хроноизомеры)



ковыми по составу, при одинаковой общей продолжительности индивидуальных времен различались бы по своему строению. Сами эти Пространственно-Временные структуры оказались бы метрическими одоно-хроноизомерами (см. рис. 6).

Из самого понятия метрики  $DS_I$  индивидуального Пространства — Времени следует, что  $DS_I$  — это некоторая функция расстояний не только между бесконечно близкими (в смысле математики) точками пространства и времени, но и некоторыми самой природой выделенными точками, расположенными на конечном расстоянии. Действительно, метрика Пространства — Времени не может представлять собой расстояния только между бесконечно близкими точками, так как в таком случае, как мы уже отмечали, оказывается невозможным сравнивать различные фазы развития метрики индивидуального Пространства — Времени. Поэтому выражение (3) более точно следует записать в виде

$$DS_I = f_I(dx, dy, dz, dt, l_{0x}, l_{0y}, l_{0z}, t_0), \quad (9)$$

где  $l_{0x}, l_{0y}, l_{0z}, t_0$  — расстояния между самой природой выделенными точками, отнесенные к прямоугольной системе координат. С течением индивидуального времени эти расстояния меняются.

Таким образом, индивидуальное Пространство — Время является квантованным в том смысле, что в нем существуют самой природой выделенные точки, расстояния между которыми определяют метрические свойства Пространства — Времени. Эти расстояния могут быть названы квантами Пространства — Времени.

Величина же этих квантов не остается постоянной, а меняется со временем. Из самого понятия квантов индивидуального Пространства — Времени следует, что индивидуальное Пространство — Время является также и непрерывным.

Таким образом, единство прерывности и непрерывности индивидуального Пространства — Времени выступает в двух аспектах: а) с одной стороны, единство прерывности и непрерывности индивидуального Пространства — Времени означает, что индивидуальное Пространство — Время дискретно-непрерывно, в том смысле, что в непрерывном Пространстве — Времени существуют самой природой выделенные точки; б) с другой стороны, единство прерывности и непрерывности индивидуального Пространства — Времени состоит в том, что его метрика скачком меняется во времени в соответствии с изменением состояния объекта (см. формулу 7).

Проведем дальнейшую дифференциацию понятия метрической одоно-хроноизомерии. Назовем величины  $l_{0x}, l_{0y}, l_{0z}, t_0$  соответственно  $x$ -,  $y$ -,  $z$ -,  $t$ -компонентами метрики индивидуального Пространства — Времени. С развитием метрики индивидуального Пространства — Времени развиваются и его компоненты. Поэтому можно говорить о составе и внутреннем строении этих компонент. Понятие же строения компонент метрики индивидуального Пространства — Времени приводит к выводу о возможности изомерии компонент метрики индивидуального Пространства — Времени.

Изомерией  $x$ -компоненты метрики двух индивидуальных Пространственно-Временных структур 1 и 2, или  $(x_1x_2)$ -одоно-хроноизомерией, можно было бы назвать такое явление, когда  $x$ -компоненты этих структур, будучи одинаковыми по составу при одинаковой общей продолжительности индивидуальных времен, различались бы по своему строению. Сами эти  $x$ -компоненты метрики оказались бы  $(x_1x_2)$ -одоно-хроноизомерами. Аналогично определяется  $(y_1y_2)$ - и  $(z_1z_2)$ -одоно-хроноизомерия. Однако, как легко понять, явление изомерии компонент двух индивидуальных Пространственно-Временных структур 1 и 2 может наблюдаться не только между «родственными» и не только между двумя компонентами.

Совершенно ясно, что для любого конкретного индивидуального Пространства — Времени возможны только следующие типы одоно-хроноизомерии компонент метрики

$$\begin{aligned} (xy), (xz), (xt), (yz), (yt), (zt), \\ (xyz), (xyt), (yzt), (xzt), (xyzt). \end{aligned} \quad (10)$$

Согласно формулам (8) и (9), можно написать:

$$\delta S_{II} = \varphi_I(dx, dy, dz, dt, \delta l_{0xII}, \delta l_{0yII}, \delta l_{0zII}, \delta t_{0II}), \quad (11)$$

где  $\varphi_I$  — некоторая функция;  $\delta l_{0xII}, \delta l_{0yII}, \delta l_{0zII}, \delta t_{0II}$  — изменения Пространственно-Временных квантов данного индивидуального Пространства — Времени  $I$  за время  $\delta t_{II}$ .

Для дальнейшего полезно будет обратить внимание на то, что отношение

$$\frac{\delta t_{0II}}{\delta t_{II}} = \alpha_{II} \quad (12)$$

представляет собой некоторое безразмерное число.

Можно представить существование двух таких качественно различных объектов, которые тем не менее обладали бы одинаковыми по своему составу и строению индивидуальными временами и одинаковыми по составу и строению метриками

их индивидуальных Пространственно-Временных структур, а также (или) одинаковыми по составу и строению компонентами метрик. В таком случае мы имеем дело с метрическим одоно-хроноизоморфизмом, а также (или) с «компонентным» одоно-хроноизоморфизмом. При этом следует иметь в виду, что одинаковый состав и строение метрик двух индивидуальных Пространственно-Временных структур не исключает возможного различия этих метрик.

Возможно существование и таких качественно тождественных объектов, которые обладали бы различными по составу и строению индивидуальными временами и различными по составу и строению метриками, а также (или) различными по составу и строению компонентами метрик. В таком случае мы имели бы дело с метрическим одоно-хронополиморфизмом, а также (или) с «компонентным» одоно-хронополиморфизмом. Однако различный состав и строение метрик двух индивидуальных Пространственно-Временных структур не исключает возможного равенства самих метрик.

Подобно тому, как можно определить понятия равенства и неравенства индивидуальных времен, можно определить и понятия равенства и неравенства индивидуальных Пространственно-Временных структур.

Две индивидуальные Пространственно-Временные структуры будут равны в том случае, если их метрические и соответствующие «компонентные» одоно-хронограммы при взаимном наложении совместятся во всех своих деталях; в противном случае они будут неравны.

Данное определение равенства индивидуальных Пространственно-Временных структур автоматически включает в себя необходимость равенства индивидуальных времен и существенно отличается от понятия равенства пространственно-временных (или пространственных) структур, которым пользуются, в частности, в современной физике. Действительно, в современной теории тяготения (в общей теории относительности) пространственно-временные структуры в двух областях Мира считаются равными, если гравитационные потенциалы в этих областях одинаковы. Однако с точки зрения данного определения равенство Пространственно-Временных структур в этих областях не очевидно.

С выявлением внутренней сложности и строения индивидуального Пространства — Времени в понятие индивидуального Пространства — Времени входит внутренняя определенность, различие, отношение, т. е. признаки качества.

Какие же индивидуальные Пространственно-Временные структуры мы должны считать количественно и (или) качественно одинаковыми или различными? Само собой разумеется, что равные индивидуальные Пространственно-Временные структуры качественно и количественно одинаковы.

Две неравные индивидуальные Пространственно-Временные структуры 1 и 2 могут быть по отношению друг к другу либо метрически подобными, если

$$\delta S_{10} : \delta S_{11} : \dots : \delta S_{1n} = \delta S_{20} : \delta S_{21} : \dots : \delta S_{2n}, \quad (13)$$

либо «компонентно» подобными. Так, если мы имеем  $(x_1 x_2 y_2)$ -«компонентно» подобные неравные индивидуальные Пространственно-Временные структуры, то это значит, что выполняется следующее соотношение (см. формулу 11):

$$\begin{aligned} & \delta l_{0x10} : \delta l_{0x11} : \delta l_{0x12} : \dots : \delta l_{0x1n} = \\ & = \delta l_{0x20} : \delta l_{0x21} : \delta l_{0x22} : \dots : \delta l_{0x2n} = \\ & = \delta l_{0y20} : \delta l_{0y21} : \delta l_{0y22} : \dots : \delta l_{0y2n}. \end{aligned} \quad (14)$$

Две неравные индивидуальные Пространственно-Временные структуры могут оказаться времени-подобными, если сразу выполняются следующие два соотношения:

$$\delta t_{010} : \delta t_{011} : \delta t_{012} : \dots : \delta t_{01n} = \delta t_{020} : \delta t_{021} : \delta t_{022} : \dots : \delta t_{02n} \quad (15)$$

и

$$\delta t_{10} : \delta t_{11} : \delta t_{12} : \dots : \delta t_{1n} = \delta t_{20} : \delta t_{21} : \delta t_{22} : \dots : \delta t_{2n}. \quad (16)$$

Наконец, две неравные индивидуальные Пространственно-Временные структуры могут характеризоваться либо сразу всеми указанными типами подобия, либо некоторой комбинацией этих типов. Такие индивидуальные Пространственно-Временные структуры можно назвать смешанно подобными. Важно заметить, что, согласно формулам (8) и (11), соответственные члены в отношениях (13) — (15) могут иметь различные знаки и тем не менее эти отношения выполняются. Однако возможен и такой случай, что (13) — (15) выполняются только при условии, что все члены этих отношений взяты по модулю. Поэтому в таком случае можно говорить, что две индивидуальные Пространственно-Временные структуры являются метрически, «компонентно» или смешанно квазиподобными. Очевидно, что в (16) все члены отношения могут быть только положительными.

Две неравные индивидуальные Пространственно-Временные структуры являются неподобными, если они не характеризуются ни одним из указанных типов подобия и ни одной из комбинаций этих типов.

Подобные индивидуальные Пространственно-Временные структуры мы можем считать одинаковыми качественно и различными количественно. В соответствии с вышесказанным мы можем различать качественно одинаковые и количественно различные индивидуальные Пространственно-Временные структуры в метрическом, «компонентном», временном и смешанном отношениях.

Квазиподобные индивидуальные Пространственно-Временные структуры мы можем считать качественно квазинодинаковыми и количественно различными. Неравные и неподобные индивидуальные Пространственно-Временные структуры, очевидно, количественно и качественно различны.

По мере развития объекта развивается и его индивидуальное время, испытывая количественные и качественные изменения. Но развитие объекта выступает как единство сохранности и сменяемости его состояний, с каждым из которых связана определенная фаза развития индивидуального Пространства — Времени. Следовательно, по мере развития объекта индивидуальная Пространственно-Временная структура его все более и более усложняется, стало быть, развивается с развитием индивидуального времени объекта. Другими словами, индивидуальная Пространственно-Временная структура объекта вместе с его индивидуальным временем испытывает количественные и качественные изменения.

Если о чисто количественных (не приводящих еще к качественным) изменениях индивидуального времени в процессе его «онтогенеза» можно говорить лишь на протяжении роста первого его элемента, то об индивидуальном Пространстве — Времени следует сказать, что на протяжении роста первого элемента индивидуального времени индивидуальное Пространство — Время не изменяется ни количественно, ни качественно. Это обстоятельство хорошо иллюстрирует рис. 5. На протяжении роста первого элемента индивидуального времени ( $0 \leq t \leq \hat{\Delta} t_d$ ) метрика индивидуального Пространства — Времени остается постоянной и равной  $DS_d$ , т. е. количественно и качественно неизменной.

Для описания качественной определенности индивидуального времени и индивидуального Пространства — Времени можно попытаться ввести соответствующие «функции качества».

Так, «функцию качества» индивидуального времени можно было бы определить, например, следующим образом:

$$F_I(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t \leq \delta t_{I1} \\ 2, & \delta t_{I1} < t \leq \delta t_{I1} + \delta t_{I2} \\ 3, & \delta t_{I1} + \delta t_{I2} < t \leq \delta t_{I1} + \delta t_{I2} + \delta t_{I3} \\ \dots & \dots \\ n, & \delta t_{I1} + \delta t_{I2} + \dots + \delta t_{In-1} < t \leq \delta t_{I1} + \delta t_{I2} + \dots + \delta t_{In}. \end{cases} \quad (17)$$

Аналогично можно определить «метрическую функцию качества» индивидуального Пространства — Времени (см. рис. 5):

$$F_{LM}(DS) = \begin{cases} 0, & DS_I = \delta S_{I0} \\ 1, & DS_I = \delta S_{I0} + \delta S_{I1} \\ 2, & DS_I = \delta S_{I0} + \delta S_{I1} + \delta S_{I2} \\ \dots & \dots \\ n, & DS_I = \delta S_{I0} + \delta S_{I1} + \delta S_{I2} + \dots + \delta S_{In}. \end{cases} \quad (18)$$

где  $\delta S_{Ii}$  ( $i=0, 1, 2, \dots, n$ ) взяты с соответствующими знаками.

Далее, можно определить  $x$ -,  $y$ -,  $z$ - и  $t$ -«компонентные функции качества» индивидуального Пространства — Времени аналогично определению функции  $F_{LM}$ .

Так,  $x$ -«компонентная функция качества» индивидуального Пространства — Времени может быть записана в виде

$${}_{(x)}F_{Ik}(DS) = \begin{cases} 0, & L_{0xI} = \delta L_{0xI0} \\ 1, & L_{0xI} = \delta L_{0xI0} + \delta L_{0xI1} \\ 2, & L_{0xI} = \delta L_{0xI0} + \delta L_{0xI1} + \delta L_{0xI2} \\ \dots & \dots \\ n, & L_{0xI} = \delta L_{0xI0} + \delta L_{0xI1} + \delta L_{0xI2} + \dots + \delta L_{0xIn}. \end{cases} \quad (19)$$

Совершенно аналогичным образом можно определить функции  ${}_{(y)}F_{Ik}$ ,  ${}_{(z)}F_{Ik}$ ,  ${}_{(t)}F_{Ik}$ .

Из определенных таким образом «функций качества» следует, что в случаях (13) — (16) мы имеем соответственно

$$\begin{aligned}
 F_{1M}(DS) &= F_{2M}(DS); \\
 {}_{(x)}F_{1K}(DS) &= {}_{(x)}F_{2K}(DS) = {}_{(y)}F_{2K'}(DS); \\
 {}_{(t)}F_{1K}(DS) &= {}_{(t)}F_{2K'}(DS); \\
 F_1(t) &= F_2(t).
 \end{aligned}
 \tag{20}$$

Таким образом, в соответствии с данным выше определением, подобные индивидуальные Пространственно-Временные структуры являются качественно одинаковыми, что выражается в форме равенства соответствующих «функций качества» Пространства — Времени. Ясно, что все отмеченные выше виды подобия двух индивидуальных Пространственно-Временных структур могут быть выражены на языке «функций качества» Пространства — Времени в виде соответствующих равенств соответствующих «функций качества». При этом для «функций качества» двух квазиподобных Пространственно-Временных структур удобно принять противоположные знаки.

Развитые выше соображения относительно возможности применения математических понятий и представлений при описании свойств Пространства — Времени, видимо, не безупречны. Их следует рассматривать, скорее, как предварительное указание на возможность формализации и математизации философского учения о пространстве и времени, не исключающее иных подходов, которые могут быть более эффективными.

С точки зрения развитых здесь соображений, Пространство — Время космоса предстает как бесконечное множество взаимосвязанных качественно и количественно различных Пространственно-Временных структур. Причем взаимосвязь эта двоякая.

**Связь первого рода.** Подобно тому, как связь первого рода между различными индивидуальными временами объектов отражает случаи, когда конец существования одного объекта является началом другого, связь первого рода индивидуальных Пространственно-Временных структур означает, что конец существования одной Пространственно-Временной структуры является началом другой. В этом случае бесконечный (в обе стороны) ряд генетически связанных объектов (а ряд этот может быть только бесконечным в силу неуничтожимости материи) порождает и бесконечный ряд генетически связанных индивидуальных Пространственно-Временных структур. Таким образом, связь первого рода индивидуальных Пространствен-

но-Временных структур может быть изображена графически (рис. 7)<sup>53</sup>

Так мы пришли к мировому Пространству — Времени  $DS$ -Пространству — Времени всего бесконечного ряда генетически связанных объектов. Ясно, что возможно бесчисленное множество мировых Пространственно-Временных структур, отвечающих схеме рис. 7.

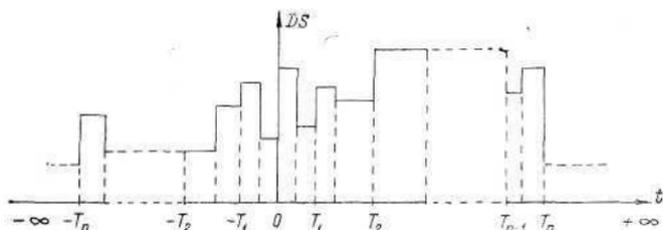


Рис. 7. Связь первого рода индивидуальных Пространственно-Временных структур

**Связь второго рода** — это связь не продолжающих друг друга индивидуальных Пространственно-Временных структур.

Если материальный объект можно рассматривать как некоторую сложную систему, состоящую из некоторого количества «частей», то каждая такая «часть» обладает своей индивидуальной Пространственно-Временной структурой, так что индивидуальная Пространственно-Временная структура всего объекта предстает как бы смонтированной из накладывающихся индивидуальных Пространственно-Временных структур отдельных «частей» (структурных элементов).

При этом: 1) бросается в глаза некоторое множество «составных частей» индивидуального Пространства — Времени объекта, которые («части») по своему составу и строению могут и не совпадать с индивидуальным Пространством — Временем всего объекта как такового; это множество выражается тем большим числом, чем сложнее, дифференцированнее объект; 2) временная согласованность этих «частей» обуславливает и временную согласованность «составных частей» индивидуального Пространства — Времени объекта. Причем чем

<sup>53</sup> Приведенный график не учитывает более сложных отношений в генетических рядах объектов (и Пространственно-Временных структур), например, когда из одного объекта возникают  $n$  других  $n$ , наоборот, когда из  $n$  объектов возникает один. Но это не меняет принципиальной стороны дела.



больше «составных частей» индивидуального Пространства — Времени, одновременно или последовательно функционирующих, тем сложнее картина временной согласованности.

Если индивидуальное время объекта на уровне его «частей» можно назвать временной организованностью, то индивидуальное Пространство — Время объекта на уровне его «частей» можно назвать Пространственно-Временной организованностью. Очевидно, можно говорить о метрической, «компонентной», временной и смешанной Пространственно-Временной организованности.

Дальнейший параллелизм между свойствами индивидуального времени и индивидуального Пространства — Времени выступает со всей очевидностью.

Ясно, что по мере того, как материя эволюционировала, последовательно принимая вид разнообразных «элементарных» частиц, атомов, молекул, организмов, микро-, макро-, мега- и т. д. миров, временная и Пространственно-Временная организованность ее все более усложнялась, развивалась, так как число «частных» индивидуальных времен и Пространственно-Временных структур увеличивалось вследствие возрастания числа «частей», слагающих эти объекты.

Графически Пространственно-Временная организованность может быть представлена сложной одоно-хронограммой метрики индивидуального Пространства — Времени, представляющей собой систему «частных» одоно-хронограмм этой метрики, каждая из которых представляет собой развитие индивидуальных Пространственно-Временных «частей» объекта (рис. 8).

Таким образом, Пространственно-Временная организованность является функцией числа и характера «частных» Пространственно-Временных структур. Очевидно, в простейшем случае, когда число «частных» Пространственно-Временных структур равно единице, Пространственно-Временная организованность сводится к индивидуальной Пространственно-Временной структуре объекта в целом, сложная одоно-хронограмма метрики индивидуального Пространства — Времени сводится к простой.

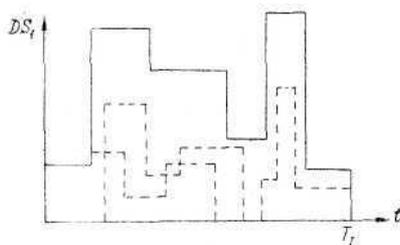


Рис. 8. Сложная одоно-хронограмма метрики индивидуального Пространства — Времени

Представляет интерес проблема: существует ли какая-либо зависимость между «частными» Пространственно-Временными структурами и Пространственно-Временной структурой объекта в целом, и если существует, то какова ее природа? (В общем случае таким объектом может быть Вселенная.)

Поскольку существует какая-то (пока нам не известная) связь между «частными» индивидуальными временами и индивидуальным временем объекта в целом и поскольку каждая «частная» Пространственно-Временная структура и Пространственно-Временная структура объекта в целом являются функциями соответственно «частных» индивидуальных времен и индивидуального времени объекта в целом, постольку ясно, что существует связь между индивидуальной Пространственно-Временной структурой объекта в целом и «частными» индивидуальными Пространственно-Временными структурами этого объекта. Но какова ее природа? Как, зная «частные» Пространственно-Временные структуры объекта, определить Пространственно-Временную структуру объекта в целом? На эти вопросы в общем случае мы пока не можем ответить.

Что можно сказать о Пространственно-Временной организованности объекта, который нельзя рассматривать как состоящий из каких-то частей? К числу таких объектов можно было бы отнести так называемые «элементарные» частицы.

Согласно определению, Пространственно-Временная организованность «элементарной» частицы сводится к ее индивидуальной Пространственно-Временной структуре. Метрика этой структуры является ограниченной во времени функцией — в случае, если «элементарная» частица после превращения не «возрождается» в прежнем виде, или неограниченной периодической во времени функцией — в случае, если «элементарная» частица после каждого превращения «возрождается» вновь и в прежнем виде. Во всяком случае ясно, что метрика Пространственно-Временной структуры «элементарной» частицы может быть представлена интегралом или рядом Фурье, которые существенно опираются на понятие спектра (дискретного или непрерывного) функции. Таким образом, мы приходим к понятию спектра метрики индивидуального Пространства — Времени. Совершенно ясно, что таким же путем мы легко приходим к понятию спектра компонент метрики индивидуального Пространства — Времени. Будем в дальнейшем просто говорить о спектре индивидуального Пространства — Времени (имея в виду либо спектр метрики, либо спектр компонент метрики).

Помня о физической реальности ряда и интеграла Фурье<sup>54</sup>, мы можем сказать, что метрика Пространственно-Временной структуры «элементарной» частицы представляет собой суперпозицию бесконечного количества метрик (отличающихся друг от друга на конечную — в случае ряда Фурье — или бесконечно малую — в случае интеграла Фурье — величину) некоторых «частных» Пространственно-Временных структур. С этой точки зрения следует говорить о бесконечной сложности Пространственно-Временной организованности «элементарной» частицы.

Каждая из этих «частных» Пространственно-Временных структур «элементарной» частицы представляет собой, видимо, индивидуальное Пространство — Время, соответствующее «частным» видам движения материи, образующей «элементарную» частицу. Таким образом, «элементарная» частица предстает как бесконечно сложное материальное образование, как действительно неисчерпаемая вглубь. Следовательно, понятие спектра Пространства — Времени «элементарной» частицы может отражать бесконечную сложность и неисчерпаемость последней.

Совершенно ясно, что метод рядов и интегралов Фурье может быть также применен для анализа индивидуальной Пространственно-Временной структуры любого материального объекта, а не только «элементарной» частицы. Следовательно, с точки зрения субатомного уровня, Пространственно-Временная организованность любого объекта бесконечно сложна.

Представляет научный интерес проблема зависимости метрики индивидуального Пространства — Времени от тех причин, которые определяют ее характер, состав и строение, а также Пространственно-Временную организованность (метрическую, «компонентную», временную и смешанную). Как и в случае постановки подобного вопроса применительно к индивидуальному времени, все эти причины можно разделить на две группы: внутренние и внешние.

Выше мы отмечали, что число элементов индивидуального времени и, следовательно, число элементов метрики индивидуального Пространства — Времени определяется числом относительно устойчивых различающихся состояний, в которых пребывает объект в процессе своего развития. Пространственно-Временная же организованность (метрическая, «компонентная», временная, смешанная) объекта определяется числом

---

<sup>54</sup> Об этом см., например, Андре Анго. Математика для электро- и радионженеров. М., «Наука», 1965, стр. 113—115 (пер. с фр.).

«частей» данного объекта или числом «частных» видов движения материи, образующей объект. Следовательно, конкретные характеристики индивидуального Пространства — Времени определяются внутренними условиями — конкретными особенностями внутреннего строения объекта и особенностями внутренних движений объекта, т. е. внутренними причинами.

Однако различными внешними воздействиями мы можем существенно менять характер внутреннего строения объекта и характер его внутренних движений. Следовательно, различными внешними воздействиями, т. е. внешними причинами, мы можем изменять внутренний состав и строение не только индивидуального времени, но и индивидуального Пространства — Времени, а также Пространственно-Временную организованность объекта. Иными словами, в принципе мы можем управлять такими важнейшими свойствами материальных объектов, как их индивидуальное время и их индивидуальное Пространство — Время.

Но как и какими внешними воздействиями перестроить Пространственно-Временную структуру объекта в нужном нам направлении? Этот вопрос, видимо, имеет первостепенное значение в физике «элементарных» частиц при изучении процессов взаимопревращений микрочастиц. Если в процессе рассеяния одной «элементарной» частицы на другой рождается некоторая «новая» частица, то можно предположить, что Пространственно-Временная структура этой «новой» частицы будет равной Пространственно-Временным структурам рассеиваемых частиц. Но, как отмечалось выше, равенство Пространственно-Временных структур объектов может быть и качественным, и количественным, и качественно-количественным. При этом качественное равенство Пространственно-Временных структур возможно при самых разнообразных типах их подобия. Другими словами, выявление случаев равенства Пространственно-Временных структур «элементарных» частиц неразрывно связано с выявлением различий этих структур и, следовательно, тесным образом связано с выявлением возможности или невозможности тех или иных видов превращений «элементарных» частиц.

Поскольку как сами внутренние условия, так и их единство с внешними противоречивы, постольку в конечном счете противоречия определяют сущность индивидуальных Пространственно-Временных структур, их состав, строение и Пространственно-Временную организованность объектов. Именно: единство противоположностей обуславливает протяженность — элемент индивидуального Пространства — Времени, а «борь-

ба» их — закономерную бренность как отдельных фаз развития индивидуального Пространства — Времени, так и всего индивидуального Пространства — Времени. Так как противоположности всякого объекта находятся всегда в единстве и «борьбе», то и индивидуальное Пространство — Время всякого объекта выступает как единство протяженности — дления и бренности. Но протяженность — дление индивидуального Пространства — Времени — это его непрерывность, а его бренность — это дискретные градации индивидуального Пространства — Времени. Следовательно, индивидуальное Пространство — Время в структурном отношении выступает всегда как единство прерывности и непрерывности.

---

---

## Глава II

### ЗАРОЖДЕНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ ИДЕИ ДИСКРЕТНОСТИ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ В ТЕОРИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

#### 1. Пространство и время в классической физике и теории относительности

Период безраздельного господства классической физики завершился в начале нашего столетия. Ее стройное здание сложилось под воздействием тех идей, которые сформировались в результате многовекового изучения и обобщения закономерностей механических процессов. Богатый, широко разветвленный концептуальный аппарат классической физики, естественно, носит отпечаток этих идей. Эта связь ясно вырисовывается, в частности, в классической концепции пространства и времени, выработанной еще Ньютоном и просуществовавшей до возникновения теории относительности. Несмотря на то, что со времени Ньютона до возникновения теории относительности прошло почти двести лет, пространственно-временные представления в физике за это время не претерпели существенных изменений. И это обстоятельство объясняется прежде всего тем, что в них были обобщены такие пространственно-временные свойства и отношения материальных объектов, которые имели очень широкое распространение, и физика удовлетворялась ранее сложившимися представлениями.

Говоря о тех свойствах, которыми наделялись пространство и время в классической физике, начиная с Ньютона, мы должны указать на следующее.

Ньютон первым ввел понятие абсолютности пространства и времени, которая понималась им, с одной стороны, как объективность пространства и времени, их полнейшая независимость от человека и его сознания, а с другой — как полная независимость пространства и времени от материальных процессов, их совершенная самостоятельность по отношению к движущейся материи.

Таким образом, «абсолютные» пространство и время у Ньютона выступают как неограниченные вместители процессов, как арена, на которой располагаются тела и разыгрываются события: абсолютные пространство и время существуют самостоятельно и независимо друг от друга.

От абсолютного пространства и абсолютного времени Ньютон отличает относительное пространство и относительное время как конкретные места и конкретные времена механических процессов. Он дает им следующие определения:

«I. Абсолютное, истинное математическое время само по себе и 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.

Относительное есть его мера или какая-либо ограниченная подвижная часть, которая определяется вашими чувствами по положению его относительно некоторых тел и которое в обыденной жизни принимается за пространство неподвижное; таково, например, протяжение пространств подземного воздуха или надземного, определяемых по их положению относительно Земли»<sup>1</sup>.

Исходя из этого, Ньютон определяет понятия места и движения. Место понимается им как часть пространства, а не как положение тела или поверхность, его объемлющая. Поскольку возможно различать абсолютное и относительное простран-

---

<sup>1</sup> И. Ньютон. Математические начала натуральной философии. Цит. по: А. Н. Крылов. Собрание трудов, т. 7. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1936, стр. 30.

ства, постольку возможно различать абсолютное и относительное места: абсолютное место — это часть абсолютного пространства, относительное место — это часть относительного пространства. Перемещение тела из одного абсолютного места в другое составляет сущность понятия абсолютного движения, а перемещение тела из одного относительного места в другое — сущность понятия относительного движения.

Исходя из основных законов механики, Ньютон наделяет абсолютное пространство и абсолютное время свойствами изотропности и однородности. Изотропность абсолютного пространства означает одинаковость геометрических свойств абсолютного пространства во всех направлениях; однородность указывает на одинаковость этих свойств во всех точках. Абсолютное время однородно в том смысле, что законы механического движения не меняют своего вида с течением времени. Изотропность же абсолютного времени понимается Ньютоном в том смысле, что законы механического движения инвариантны при обращении течения времени. Что касается относительного пространства, то оно, по Ньютону, может и не обладать свойствами однородности и изотропности (например, в случае вращающейся системы). Точно так же свойства абсолютного и относительного времени могут различаться: если абсолютное время характеризуется равномерным течением, то относительное время как мера продолжительности некоторого механического процесса может и не характеризоваться равномерностью течения (например, в случае движения небесных светил).

Если в отношении отмеченных выше свойств абсолютное и относительное пространство и время отличаются друг от друга, то в отношении структурных особенностей они одинаковы: как абсолютное пространство и время, так и относительное пространство и время являются чисто непрерывными.

Представления о всех конкретных свойствах пространства у Ньютона, в том числе и о свойстве непрерывности, полностью совпадают с основными представлениями о свойствах пространства в геометрии Эвклида. Поэтому геометрия Эвклида выступает основой пространственных представлений механики Ньютона. И это не было случайностью, ибо геометрические представления Эвклида явились обобщением все тех же закономерностей механического движения макроскопических тел.

Однако вера в исключительную роль геометрии Эвклида в системе человеческих знаний была поколеблена в середине XIX в. трудами великого русского ученого Н. И. Лобачевского, создавшего новую, логически непротиворечивую геометрию,



которую он назвал Пангеометрией. Исходная идея Лобачевского состояла в том, что пространство определяется в своей природе и свойствами состояниями движущейся материи и поэтому может обладать различной структурой и различными свойствами в зависимости от особенностей конкретных состояний движущейся материи. «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. После чего в нашем уме не может быть никакого противоречия, когда мы допускаем, что некоторые силы в природе следуют одной, другие — своей особой Геометрии»<sup>2</sup>.

Эти идеи великого ученого резко расходились с представлением о существовании абсолютного пространства, понимаемого в духе Ньютона. Однако конкретное приложение и развитие они получили лишь в начале нашего столетия в разработанной А. Эйнштейном частной и так называемой общей теории относительности.

Частная теория относительности, созданная в 1905 г., разрешила многие вопросы, возникшие в связи с изучением электродинамических процессов. К числу таких вопросов относятся прежде всего следующие: что понимать под абсолютным движением и абсолютным покоем, каковы общие свойства эфира, если он в действительности существует? Анализируя ряд новых фактов, установленных физикой, Эйнштейн пришел к заключению, что не только для механических процессов, но и для электромагнитных явлений справедлив принцип относительности, т. е. что «законы, по которым изменяются состояния физических систем, не зависят от того, к которой из двух координатных систем, находящихся относительно друг друга в равномерном поступательном движении, эти изменения относятся»<sup>3</sup>.

Исходя из результатов опытов Майкельсона, предпринятых с целью обнаружения движения Земли относительно предполагаемого эфира, Эйнштейн предположил, что скорость света не зависит от того, покоится или движется источник света. Постулаты теории относительности возникли в результате обобщения опытных данных. Поэтому, естественно, специальная теория относительности смогла объяснить теоретически эти

<sup>2</sup> Н. И. Лобачевский. Полное собрание сочинений, т. 2, М.—Л., 1949, стр. 158—159.

<sup>3</sup> Сб. «Принцип относительности». ОНТИ, 1935, стр. 138.

опытные данные (в частности, отрицательный результат опытов Майкельсона). Но ценность теории относительности состоит не только и не столько в этом.

Прежде всего возникла необходимость пересмотреть прежние представления о пространстве и времени, в результате чего были обнаружены новые, неизвестные ранее свойства пространства и времени. Так обнаружился относительный характер одновременности: два события, одновременные в одной системе отсчета, могут оказаться разновременными по отношению к другой системе. Эйнштейн показал, что признание принципа относительности и принципа постоянства скорости света несовместимо с ньютоновскими понятиями абсолютного времени и пространства, поскольку нельзя говорить в случае равномерного и прямолинейного движения двух систем отсчета относительно друг друга об одинаковой одновременности событий в них, а также не имеет смысла сохранение пространственных интервалов и временных промежутков в движущейся системе по сравнению с покоящейся. Другими словами, пространство и время не являются абсолютными в смысле Ньютона, а зависят от относительного движения тел. Зависимость эта отражена в так называемых преобразованиях Лоренца, выражающих координаты и время покоящейся системы отсчета через координаты и время движущейся системы отсчета. Эти преобразования также устанавливают глубокую связь между пространством и временем, вскрывая тем самым несостоятельность ньютоновского представления о их раздельном и независимом существовании. Глубокая неразрывная связь между пространственными и временными характеристиками явлений, их зависимость от относительного движения систем отсчета позволила обнаружить абсолютность (в физическом смысле) пространства — времени, под которым понимается единый пространственно-временной континуум, а не раздельную физическую абсолютность пространства и времени. Это обстоятельство на языке математики выражается в том, что квадрат пространственно-временного интервала, являющийся обобщением квадрата пространственного интервала в геометрии Эвклида, является инвариантом во всех инерциальных системах отсчета.

Хотя и в специальной теории относительности геометрия Эвклида выступает основой пространственно-временных представлений, здесь мы обнаруживаем одно важное для нас обстоятельство. Именно, относительный характер пространства и времени не исключает, а, наоборот, предполагает абсолютность того и другого (но не абсолютное пространство и вре-

мя!). Но, как отмечалось выше, единство свойств абсолютности и относительности у пространства и времени выражает вместе с тем единство свойств непрерывности и дискретности последних. Следовательно, с точки зрения специальной теории относительности пространство и время, взятые порознь, можно характеризовать единством свойств непрерывности и дискретности, в то время как единое пространство — время представляется как непрерывное и однородное.

Говоря о непрерывности пространства Минковского (так в специальной теории относительности называется единое четырехмерное пространство — время), следует отметить одну замечательную особенность этого пространства.

Как устанавливает специальная теория относительности, некоторый материальный объект, находящийся в пространственно-временной точке  $O$  ( $x=y=z=t=0$ ), может находиться во взаимодействии с теми объектами, которые лежат внутри так называемого светового конуса<sup>4</sup>. Объекты же, находящиеся вне светового конуса, являются абсолютно удаленными по отношению к данному, т. е. они не могут находиться во взаимодействии с этим объектом. Следовательно, невозможна физическая реализация свойства континуальности пространственно-временной формы существования данного и абсолютно удаленных объектов. Поскольку пространство — время как в пределах светового конуса, так и вне его обладает физически реализующимся свойством континуума, постольку можно утверждать, что поверхность светового конуса является границей, реально разделяющей пространственно-временной континуум абсолютно удаленных объектов и пространственно-временной континуум в пределах светового конуса. Если учесть, что поверхность светового конуса также является континуумом, то можно сказать, что пространство Минковского представляет собой единство трех разновидностей континуальных пространств, т. е. является континуально-дискретной структурой.

Для любой точки  $A(x, y, z, t)$ , как угодно мало отличающейся от точки  $O(0, 0, 0, 0)$ , всегда можно указать соответствующую область светового конуса. А это означает, что общий характер структуры пространства Минковского сохраня-

<sup>4</sup> Подробно об этом см.: И. В. Кузнецов. Принцип причинности и его роль в познании природы. Сб. «Проблема причинности в современной физике». М., Изд-во АН СССР, 1960; М. С. Рывкин. Световой конус. «Физический энциклопедический словарь», т. 4, М., «Советская энциклопедия», 1965, стр. 487; А. М. Мостепаненко, М. В. Мостепаненко. Четырехмерность пространства и времени, стр. 146.

ется при любом выборе пространственно-временных координат события, по отношению к которому отыскивается область абсолютно удаленных событий.

Если понимать сохранение той или иной структуры как ее непрерывность, то в данном случае мы видим, что есть прямой смысл различать понятия континуальности и непрерывности, с чем уже говорилось выше. В отношении пространства Минковского можно сказать, что оно континуально-дискретно. Но можно было бы обойтись и менее конкретной, хотя и более общей характеристикой, сказав, что пространство Минковского является непрерывным и однородным.

Созданная Эйнштейном в 1916 г. теория тяготения — так называемая общая теория относительности — привела к необходимости отказаться от представления об однородности пространства — времени. В этой теории была выявлена непосредственная зависимость метрики (геометрических свойств) пространства — времени от концентрации, распределения и движения материальных масс. Основные идеи теории тяготения Эйнштейна можно коротко суммировать так. Гесметрия окружающего нас физического пространства является не эвклидовой, а геометрией Римана. Отклонение этой геометрии от геометрии Эвклида объективно проявляется как поле тяготения. При этом имеется глубокая взаимосвязь между свойствами пространства и времени, с одной стороны, и тяготеющими массами и их движением, с другой. Именно, наличие тяготеющих масс вызывает отклонение геометрии физического пространства от геометрии Эвклида, что отражено на языке математики в зависимости метрики пространства — времени от потенциала тяготения, а движение масс определяется геометрическими свойствами пространства.

Специальная теория относительности выступает при этом как частный случай теории тяготения, ибо она оказывается справедливой лишь в условиях, когда можно пренебречь полем тяготения. При наличии же сильных неоднородных полей тяготения скорость света меняется от точки к точке и, следовательно, специальная теория относительности перестает быть справедливой. При этом подвергается дальнейшему углублению и уточнению закон взаимосвязи пространства и времени. Так что в рамках теории тяготения закон взаимосвязи пространства и времени специальной теории относительности выступает как частный случай, как ограниченный закон.

Однако в отличие от специальной теории относительности пространство — время в теории тяготения не является однородным. Этот факт выражается в таких понятиях, как кривиз-

на и структурность пространства, «ритм» времени, а также в зависимости пространства и времени от гравитации.

Общая теория относительности, расширив и углубив научное понимание сущности и свойств пространства и времени, замечательнейшим образом продемонстрировала справедливость основных идей диалектико-материалистического учения о материи, пространстве и времени. Поднявшись на более высокую ступень по сравнению со специальной теорией относительности, общая теория относительности приводит нас к представлению об относительности единого пространства — времени: единое пространство — время, обладая свойством абсолютности, представляется вместе с тем как относительное в том смысле, что его метрика существенно зависит от гравитационного потенциала и изменяется с изменением последнего. Следовательно, в общей теории относительности единое пространство — время характеризуется единством свойств непрерывности и дискретности: единое пространство — время, будучи континуумом, вместе с тем обладает свойством дискретности в том смысле, что характер самого континуума изменяется от точки к точке. При этом как в специальной, так и в общей теории относительности этот континуум не содержит каких-либо объективно выделяющихся точек, свидетельствующих о существовании дискретных элементов в самом континууме.

И это обстоятельство, видимо, не случайно, поскольку лишь в современной квантовой физике начинает все более и более выясняться недостаточность представлений о чистой континуальной непрерывности пространства и времени. К рассмотрению этого вопроса мы и обращаемся ниже.

## **2. Возникновение идеи дискретности пространства и времени микромира**

В процессе развития физики успехи тех или иных ее разделов нередко порождали различные программы единого описания материи. Так, успехи классической механики XVII—XVIII вв. вызвали к жизни механизм, программой которого было сведение всей материи к каким-либо частицам, взаимодействующим по законам классической механики. Несмотря на то, что такая программа не удалась и, как потом стало ясно, принципиально не могла удалиться, все же сама идея единого описания материи никогда не покидала физиков. Так, под

влиянием успехов классической электродинамики в конце XIX — начале XX в. появляются попытки объяснить все явления природы действием электромагнитных полей и электрических зарядов. Эти попытки, предпринимавшиеся в форме развития гипотезы «полевой» массы в рамках классической электродинамики, исходили от Дж. Дж. Томсона, Абрагама и Пуанкаре.

Согласно этой гипотезе, собственная энергия электрона (или его масса) должна быть полностью обусловлена энергией электромагнитного поля, связанного с электроном, или, что сводится к тому же, инерция частицы должна быть обязана инерции поля. Точно так же импульс электрона предполагается обязанным импульсу поля. При этом необходимо, чтобы энергия и импульс поля, порожденного частицей, были конечными и находились в правильном соотношении (т. е., выражаясь языком математики, образовывали четырехмерный вектор). Впоследствии эта гипотеза была перенесена и в квантовую теорию.

Однако в рамках классической электродинамики получить правильное соотношение между энергией и импульсом частицы не удается без введения дополнительной гипотезы о так называемом «давлении» Пуанкаре, обусловленном немаквелловским полем, которое не позволяет электрону разлетаться на «части». Само же предположение о существовании немаквелловского поля является отходом от первоначальной программы «полевой» теории и тем самым отодвигает проблему «полевого» объяснения массы электрона (и вообще заряженной частицы) в другую, не менее непонятную область. Однако, если даже оставаться в рамках «полевой» программы и гипотезы о «давлении» Пуанкаре, то все же не удастся полностью избавиться от противоречий. Суть дела состоит в том, что для обеспечения конечности массы электрона приходится предположить, что электрон представляет собой не точечную частицу, а занимает определенный пространственный объем, характеризующийся некоторым радиусом. Но предположение о неточности электрона оказывается в противоречии с теорией относительности, так как приводит к нарушению релятивистской инвариантности электродинамики и к возможности бесконечной скорости распространения электромагнитного поля. Согласно теории относительности, электрон не может быть неточечным, а для точечного электрона энергия поля, порожденного им, равна бесконечности. Проследим, однако, основные направления попыток осуществления программы «полевой» массы электрона.

Еще в 1912 г. Г. Ми указал на возможность нелинейного обобщения электродинамики<sup>5</sup>. Обобщение уравнений Максвелла приводило к тому, что внутри электрона приходилось предполагать существование некоторых сил, имеющих электрический характер и уравновешивающих кулоновское отталкивание частей электрона. В теории Ми свойства заряженных частиц выводились из свойств поля. Причем сами частицы не были точечными, а занимали определенный малый объем, т. е. являлись пространственно протяженными. Однако теория Ми содержала в себе и ряд недостатков. Во-первых, ввиду того, что в уравнениях Ми фигурировали не только производные потенциалов, но и сами потенциалы, теория не была «калибровочно-инвариантной», что означало, что уравнения электродинамики не были инвариантными (неизменными) по отношению к некоторым преобразованиям скалярного и векторного потенциалов. Кроме того, теория Ми не могла объяснить структуру и характер силовых взаимодействий внутри электрона. Однако при всем этом теория Ми сыграла положительную роль, так как продемонстрировала возможность построения полевой теории, в которой уравнения движения заряженной частицы выводятся из уравнений поля.

И лишь в 1933—1934 гг. М. Борну и Л. Инфельду удалось написать вариант нелинейных уравнений электродинамики, которые удовлетворяли всем условиям инвариантности<sup>6</sup>. Из этих уравнений удалось получить конечное значение электромагнитной массы заряженной частицы и правильное соотношение между энергией и импульсом. В основе этого варианта лежит представление о существовании верхней границы  $E_0$  и  $H_0$  для напряженностей электрического и магнитного полей. В этой теории напряженность поля электрона достигает своего максимального значения в центре электрона, а сам электрон имеет эффективный радиус  $r_0$ , практически равный классическому радиусу электрона.

Хотя эта теория является формально безукоризненной, приводящей к конечной собственной энергии заряженной частицы и позволяющей объяснить нелинейные эффекты (рас-

---

<sup>5</sup> G. Mie. Grundlagen einer Theorie der Materie. „Annalen der Physik“, 37, 511—524, 1912; 39, 1—40, 1912.

<sup>6</sup> M. Born. Modified field equations with a finite radius of the electron. „Nature“, London, 132, 282, 1933; M. Born. On the quantum theory of the electromagnetic field. „Proceedings of the Royal Society of London“, Series A, 143, 410—427, 1934; M. Born, L. Infeld. Electromagnetic mass. „Nature“, London, 132, 970, 1933; M. Born, L. Infeld. Foundations of the new field theory. „Nature“, London, 132, 1001, 1933.

сеяние света на свете), все же квантовое обобщение этой теории не привело к каким-либо существенным физическим результатам. Эта теория не смогла подтвердить свои результаты, связанные с устранением бесконечной «продольной» собственной энергии квантовым путем. Она также не решила задачи устранения бесконечности в специфически квантовой «поперечной» части собственной энергии. Как отмечает Р. Я. Штейнман, «само допущение об определенном ходе изменения напряженности поля вблизи центра симметрии электрона глубоко противоречиво. Согласно квантовой электродинамике, даже в области с линейными размерами  $10^{-11}$  см, на два порядка больше  $r_0$ , электрон не сохранит свою индивидуальность; тем более это справедливо для взаимодействия в области размера  $r_0$  (область ядерных взаимодействий), где он заведомо не может существовать. Следовательно, утверждение об определенном ходе напряженности поля вплоть до  $r_0$  противоречит фактам»<sup>7</sup>.

Другой не менее интересной гипотезой, призванной устранить противоречия между «полевой» программой и теорией относительности, является гипотеза Боппа — Подольского. В 1940—1942 гг. Боппом и Подольским был предложен вариант уравнений электромагнитного поля, содержащих высшие производные и удовлетворяющих всем условиям инвариантности<sup>8</sup>. Из этой теории получилась конечная электромагнитная масса электрона, и в ней, как и в теории Борна — Инфельда, фигурировал эффективный «радиус» электрона  $r_0 \sim 10^{-13}$  см. Но, как отмечают А. Соколов и Д. Иваненко, «ввиду общей произвольности теории, ограничивающейся притом ближайшими степенями высших производных, и ряда трудностей с отрицательной энергией эта попытка, несмотря на известные успехи, также не является окончательно убедительной и должна рассматриваться, скорее, как предварительное указание на новые интересные возможности»<sup>9</sup>.

Рассмотренные варианты осуществления «полевой» программы не приводили к убедительным и непротиворечивым результатам. Поэтому наряду с попытками разработки «поле-

<sup>7</sup> Р. Я. Штейнман. Пространство и время. М., Физматгиз. 1962 стр. 177.

<sup>8</sup> F. Bopp. Eine lineare Theorie des Elektrons. „Annalen der Physik“, 38, 345—348, 1940; В. Podolsky. A generalized electrodynamics. „Physical Review“, 62, 68—71, 1942.

<sup>9</sup> Д. Иваненко, А. Соколов. Классическая теория поля. М., Гостехиздат, 1949, стр. 215.



вой» массы электрона (вообще заряженной частицы) в рамках классической физики были предприняты попытки построения теории неполевой массы: теория предельного  $\lambda$ -процесса Вентцеля — Дирака и теория так называемого би-поля.

В теории  $\lambda$ -процесса электрон остается точечным, но ему вначале приписывается некоторая протяженность, величина которой в пределе стремится к нулю. Здесь  $\lambda$ -вектор своеобразным путем заменяет радиус электрона. Другими словами, в этой теории вводится своеобразный  $\lambda$ -форм-фактор, характеризующий эффективные размеры электрона<sup>10</sup>. Однако при квантовой трактовке эта теория, как и предыдущие, не устранила трудностей с расходимостью поперечной энергии электрона. В дальнейшем было установлено<sup>11</sup>, что возможно так обобщить теорию  $\lambda$ -процесса Вентцеля — Дирака, чтобы освободить теорию от всех расходящихся выражений. Однако такое обобщение может быть сделано различными способами, что приводит к различным конечным выражениям для собственной энергии частиц. Этот факт является существенным недостатком теории. Кроме того, сам вспомогательный вектор  $\lambda$  не имел никакого физического смысла и не проявлялся непосредственно в каких-либо явлениях. Да и вообще сама теория предельного  $\lambda$ -процесса, как на это обратил внимание М. А. Марков<sup>12</sup>, оказалась внутренне противоречивой, так как она не могла быть совместной с экспериментально установленным фактом равенства инертной и гравитационной масс. В силу этих причин теория  $\lambda$ -процесса не получила дальнейшего развития и приложения.

Таким образом, поиски удовлетворительного решения проблемы собственной массы электрона заставили физиков испробовать вариант «сжимающейся» элементарной длины. Хотя теория  $\lambda$ -процесса оказалась безуспешной, она все же не сошла со сцены бесследно: она продемонстрировала новые возможности, связанные с представлением о деформируемом размере элементарной частицы. Идея деформируемого радиуса или деформируемого форм-фактора, характеризующего размеры элементарной частицы, с этого времени начинает

<sup>10</sup> Г. Вентцель. Введение в квантовую теорию волновых полей (дополнения). М.—Л., ГТТИ, 1947; Д. И. Блохинцев. Теория поля протяженных частиц. «Вест. МГУ (Физика)», 1948, № 1.

<sup>11</sup> Г. Померанчук. Обобщение предельного  $\lambda$ -процесса и неоднозначность в устранении бесконечностей квантовой теории элементарных частиц. ЖЭТФ, 1947, т. 17, вып. 7.

<sup>12</sup> М. Марков. О предельном  $\lambda$ -процессе (письмо в редакцию). ЖЭТФ, 1947, т. 17, вып. 9.

конкурировать с переменным успехом с идеей универсальной минимальной длины.

В теории би-поля бесконечная полевая масса (как продольная, так и поперечная), обусловленная взаимодействием точечного электрона с электромагнитным полем, исключается при помощи введения некоторого вспомогательного (немаксвелловского) поля. Остается неполевая часть массы (масса покоя), отличная от нуля, которая и вводится в теорию. При этом вопрос о природе неполевой массы остается открытым. Хотя в теории би-поля электрон остается точечным в строгом смысле этого слова, все же он является как бы размазанным по оси времени. В силу этого теория является несколько непоследовательной: точечный электрон приходится характеризовать некоторым радиусом, который получается автоматически при интегрировании уравнений движения<sup>13</sup>.

Слабым пунктом как теории  $\lambda$ -процесса, так и теории би-поля является то, что эти теории не удовлетворяют основному требованию теории элементарных частиц: в то время, как в теории элементарных частиц массы этих частиц должны получаться из самой теории, в теории  $\lambda$ -процесса и би-поля они просто вводятся в теорию.

Поиски удовлетворительного решения проблемы собственной массы элементарной заряженной частицы как в рамках «полевой», так и в рамках неполевой программы показали, что введение некоторой универсальной минимальной длины помогает так или иначе устранить или смягчить ряд трудностей, связанных с расходимостью. При этом оказывается, что истолкование данной минимальной длины как эффективного «радиуса» частицы не является единственно возможным. Хотя в теориях, вводящих в рассмотрение минимальную длину, пространство и время считаются чисто непрерывными, все же сама минимальная длина может быть истолкована и как разрыв этой непрерывности в том смысле, что «внутри» элементарной частицы, характеризующейся «размером»  $r_0$  (т. е. в пространственных областях, меньших чем  $r_0$ ), к полю неприменимы макроскопические его характеристики. Другими словами, минимальная длина может свидетельствовать об отсутствии непрерывной структуры у пространства и времени. И эта мысль пробивала себе дорогу не только в теориях, призванных объяснить происхождение собственной массы заряженной частицы.

---

<sup>13</sup> Д. Ивченко, А. Соколов Указ. соч., стр. 238.

Так, в связи с гипотезой М. Планка о существовании кванта действия, А. Пуанкаре в «Последних мыслях» высказал гипотезу дискретного (квантованного) времени. Он писал: «Физическая система может иметь только конечное число различных состояний; она перескакивает от одного к другому из этих состояний, не переходя непрерывного ряда промежуточных состояний... Следовательно, вселенная должна бы неожиданно перескакивать из одного состояния в другое, но в промежутках между этими скачками вселенная остается неподвижной; различные моменты времени, в течение которого сохраняется это неизменное состояние вселенной, очевидно, не могут быть отличены друг от друга. Мы приходим, таким образом, к прерывному течению времени, к атому времени»<sup>14</sup>.

В 1925 г. идея о прерывности времени вновь была высказана Дж. Дж. Томсоном<sup>15</sup> в связи с его гипотезой прерывности электрического поля в микромире. Однако идея Томсона о прерывном характере электрического поля в микромире не получила дальнейшего развития.

Под влиянием успехов теории относительности некоторые физики пришли к мысли, что, подобно тому, как нет смысла говорить о привилегированной системе отсчета, нет смысла говорить и о действии каких-либо сил и противодействии им: видимо, есть смысл говорить о некотором универсальном действии и объяснять различие действий не различием сил, а различием времени приложения универсальной силы, которое (время) зависит от массы тела. Исходя из такого представления, Леви предположил<sup>16</sup>, что электроны подвергаются универсальному действию через  $\tau = 10^{-24}$  сек, а любая другая масса, большая массы электрона в  $N$  раз, — через  $N\tau$  сек.

Величина  $\tau$ , выступающая здесь как квант времени, была названа хрононом.

Некоторые авторы<sup>17</sup>, исходя из различных физических соображений, допускали существование кванта времени порядка  $10^{-22}$ — $10^{-24}$  сек. Г. Покровский попытался уточнить вели-

<sup>14</sup> А. Пуанкаре. Последние мысли. Пр., 1923, стр. 98—99.

<sup>15</sup> J. Thomson. The intermittence of electric force. „Proceedings of the Royal Society of Edinburgh“, 46, 90—115, 1925.

<sup>16</sup> R. Levi. L'atome dans la théorie de l'action universelle et discontinue. „Comptes Rendus l'Académie des Sciences“. Paris, 183, 1026—1028, 1926; Théorie de l'action universelle et discontinue. „Comptes Rendus l'Académie des Sciences“. Paris, 183, 865—867, 1926.

<sup>17</sup> G. Beck. Die zeitliche Quantelung der Bewegung. „Zeitschrift für Physik“, 53, 675—682, 1923.

чину  $\Theta$  хронона (по его подсчетам она оказалась равной  $4,3 \cdot 10^{-24}$  сек) и даже попытался сравнить ее с экспериментом. Ход его рассуждений был примерно таков. Так как любой промежуток времени должен быть целым кратным  $\Theta$ , то длина волны света не может быть меньше  $c\Theta$  (где  $c$  — скорость света), а разность длин волн, соответствующих, например, двум соседним спектральным линиям, должна быть равна целому числу их. При этом оказалось<sup>18</sup>, что хотя не любому целому числу  $c\Theta$  соответствовала разность длин волн, любой разности длин волн света соответствовало целое число  $c\Theta$ . Впоследствии в связи с изучением космических лучей пришлось прийти к выводу, что  $\Theta$  значительно меньше чем  $10^{-24}$  сек.

Однако идея о хрононах, возникшая вне связи со свойствами пространства, дальнейшего развития не получила.

Следующий шаг был сделан В. А. Амбарцумяном и Д. Иваненко<sup>19</sup>. Желая устранить трудности, связанные с точечностью электрона и других частиц путем введения в самую геометрию пространства — времени универсальной длины, они исходили из простейших предположений, что существует некоторая минимальная длина  $a$ , равная классическому электрическому радиусу электрона, и некий минимальный промежуток времени  $a/c$ , что все координаты (пространственные и временные) могут принимать лишь целочисленные значения:

$$x=ka, \quad y=ma, \quad z=na, \quad t=la/c,$$

где  $k, m, n, l$  — целые числа, т. е. пространство и время представляют собой некую четырехмерную кубическую решетку точек. Было исследовано поведение заряженной частицы и электромагнитного поля в прерывном пространстве — времени и взаимодействие частиц и поля. При этом обычные дифференциальные уравнения теории поля переходят в уравнения в конечных разностях, которые, однако, при  $a \rightarrow 0$  приобретают обычный вид. Собственная энергия электрона при этом конечна. Теория, развитая на этой основе, смогла объяснить ряд физических явлений, например, радиационное трение<sup>20</sup>. Одна-

<sup>18</sup> G. Pokrowski. Zur Frage nach der Struktur der Zeit. „Zeitschrift für Physik“, 51, 757–739, 1928; The nature of Times. „Nature“, 127, 1931.

<sup>19</sup> V. Ambarzumian, D. Iwanenko. Zur Frage nach Vermeidung der unendlichen Selbstrückwirkung des Electrons. „Zeitschrift für Physik“, 64, 563–567, 1930.

<sup>20</sup> F. Moeglich, R. Rompe. Über einige Folgerungen aus der Existenz eines Kleinsten Zeitintervalles. „Zeitschrift für Physik“, 113, 710–750, 1939.

ко уже на этой ступени гипотеза прерывности пространства и времени столкнулась с серьезными математическими трудностями, главным образом из-за того, что она оказалась релятивистски неинвариантной. Отсутствие релятивистской инвариантности было признано принципиальным недостатком этой гипотезы, и она была отвергнута.

Вслед за В. А. Амбарцумяном и Д. Иваненко попытку ввести новую мировую константу — квант длины — предпринял в 1938 г. В. Гейзенберг. В работе «Об универсальной длине, выступающей в теории элементарных частиц» он приводит обоснование необходимости введения такой длины<sup>21</sup>. Эта длина у В. Гейзенберга равна диаметру электрона. При этом В. Гейзенберг высказывал надежду, что сомнительной остается возможность объединения электричества и гравитации до тех пор, пока не решены проблемы, связанные с длиной  $r_0$ .

Однако попытки введения различного рода форм-факторов (классический радиус электрона,  $\lambda$ -форм-фактор, хрононы, минимальная длина) с целью устранения трудностей, связанных с бесконечной собственной массой электрона, в рамках как классической, так и квантовой физики не увенчались успехом в строгом смысле слова. И тем не менее квантовая теория поля вселяет некоторую надежду на то, что трудности с бесконечностями будут устранены на пути введения некоторой минимальной длины. Эта уверенность подкрепляется теми результатами, которые получаются совсем не «строгим» путем. Суть дела состоит в следующем.

В квантовой теории поля поперечная собственная энергия электрона в первом приближении равна нулю, а во втором

приближении задача сводится к интегрированию  $E_2 = \int_0^{\infty} kdk$ ,

где индекс 2 означает номер приближения, а  $k$  есть величина, обратная длине волны излучения  $\lambda$  ( $\sim 1/\lambda$ ). Нижний предел  $k=0$  означает, что учитываются волны как угодно большой длины ( $\lambda=\infty$ ,  $\omega=0$ ). Верхний предел  $k=\infty$  означает, что учитываются волны как угодно малой длины ( $\lambda=0$ ,  $\omega=\infty$ ). В силу этого величина  $E_2$  оказывается равной бесконечности. Чтобы избежать этой трудности, в квантовой электродинамике применяют весьма искусственную вычислительную процедуру, которая сводится к тому, что в выражении для  $E_2$  полагают верхний предел равным не бесконечности, а  $k_{\max}$ . Тогда  $E_2 \neq$

<sup>21</sup> W. Heisenberg. Über die in der Theorie der Elementarteilchen auf tretende universelle Länge. „Annalen der Physik“, 32, 20—33, 1938.

$\neq \infty$  и поперечная собственная энергия электрона находится в согласии с экспериментом. Такое обрезание означает, что при интегрировании не учитываются волны как угодно малой длины, а учитываются лишь такие, длина которых не менее некоторой минимальной  $\lambda_{\min} \sim 1/k_{\max}$ .

Таким образом, трудности с бесконечностями в классической и квантовой теории являются, видимо, следствием неучета некоторой минимальной длины  $\lambda_{\min}$ . Как мы видели выше, некоторые физики пытаются представить себе эту длину как эффективный «радиус» электрона. Часть физиков склонна предполагать, что шкала электромагнитных волн имеет верхний предел частоты, а значит и нижний предел длины волны. При этом нижняя граница для световой волны связывается с тем, что исходный пункт световых волн, т. е. электрон, видимо, нужно мыслить не как точечный, но как пространственно протяженный<sup>22</sup>. Однако все эти различные на первый взгляд представления являются ничем иным, как новым представлением о свойствах пространства и времени в микромире.

Если учесть, что большинство попыток преодолеть трудности с бесконечностями и в классической, и в квантовой теории поля явно или неявно исходят из предположения о существовании некоторой минимальной длины, то представляется в высшей степени вероятным, что трудности с бесконечностями являются следствием допущения возможности существования сколь угодно малых длин, в первом приближении длин, меньших некоторой минимальной длины, характеризующей каким-то образом «размеры» частиц. Поэтому у физиков «общее мнение склоняется сейчас к необходимости введения какой-то новой мировой константы типа универсальной длины»<sup>23</sup>.

### 3. Гипотезы квантования пространства и времени микромира

По мере развития идеи универсальной длины становилось ясным, что если в теорию будет введена новая универсальная константа размерности длины, то эта константа должна каким-то образом фигурировать в геометрии микромира.

Одной из наиболее развитых попыток построения геометрии микромира является попытка Марха (отчасти вместе с

<sup>22</sup> A. March. Die Idee einer atomistischen Struktur des Raumes. „Die Naturwissenschaften“, 26, 649—656, 1938; Р. Е. Лэпп и Г. Л. Эндрюс. Физика ядерного излучения. М., ИЛ, 1956, стр. 18.

<sup>23</sup> Д. Д. Иваненко. Развитие физики элементарных частиц. «Вопросы философии», 1958, № 5, стр. 84.

Фарадори), а также Зильберштейна<sup>24</sup>. По Марху, микропространство имеет зернистую структуру, обусловленную наличием постоянной  $l_0$ , являющейся универсальной длиной. Ячейки такого пространства частично налагаются друг на друга, в результате чего измерение в нем дает некоторую среднюю длину, являющуюся результатом целого ряда измерений. Это приводит к тому, что метрика приобретает статистический характер. В отношении времени Марх и Фарадори считают, что нельзя установить в отдельном опыте разность времени, которая лежит ниже известной границы  $t_0 = l_0/c$ , где  $c$  — скорость света. Микропространство, представляющее собой четырехмерную кубическую решетку точек (модель Д. Иваненко и В. Амбарцумяна) и характеризующееся атрибутом чистой дискретности в модели Марха и Фарадори, заменяется микропространством, имеющим зернистую структуру и статистическую метрику. Прерывное пространство в этой модели является одновременно статистически непрерывным.

Ван-Данциг, также развивавший гипотезу квантованного пространства и времени, утверждает, что все процессы, находящиеся между квантами пространства и времени, принципиально ненаблюдаемы<sup>25</sup>.

В 1938 г. М. Борн пытался ввести в теорию не минимальную длину, но величину, канонически сопряженную с ней, а именно, максимальный импульс, который являлся радиусом кривизны в искривленном пространстве импульсов (в  $P$ -пространстве)<sup>26</sup>. Хотя эта гипотеза устраняла расходимости в соответствующих интегралах, все же ее слабым пунктом была неоднозначность и произвольность выбора метрики в  $P$ -пространстве.

В 1947 г. гипотеза квантового пространства и времени получает дальнейшее развитие в работе Снайдера<sup>27</sup>. Основная

<sup>24</sup> A. March. Statistische Metrik und Quantenelektrodynamik. „Zeitschrift für Physik“, 106, 49–69, 1937; 107, 141, 1937; Die Geometrie kleinster Räume. „Zeitschrift für Physik“, 104, 93–99, 1937; 104, 161–168, 1937; Zur Grundlegung und Anwendung einer statistischen Metrik. „Zeitschrift für Physik“, 105, 620–632, 1937; L. Silberstein. Discrete Space—Time. Univ. of Toronto, 1936.

<sup>25</sup> D. van Dantzig. Some possibilities of the future development of the notions of space and time. „Erkenntnis“, 7, 3, 1938.

<sup>26</sup> M. Born. A suggestion for unifying quantum theory and relativity. Proc. of the Royal Soc. of London, Series A, 165, 291–303, 1938; Some remarks on reciprocity. „Proc. of the Indian Academy of Sciences“, Section A, 8, 309–314, 1938; Application of reciprocity to nuclei. „Proc. of the Royal Soc. of London“, Series A, 166, 552–557, 1938.

<sup>27</sup> H. Snyder. Quantized space—time. „Physical Review“, 71, 88–91, 1947.

его идея состоит в том, что пространственные координаты могут принимать только дискретный ряд значений:  $x, y, z = \pm l_0, \pm 2l_0, \dots$  и т. д., где  $l_0$  — элементарная длина, равная классическому электрическому радиусу электрона. Причем он предположил, что координаты частицы являются эрмитовыми операторами, не коммутирующими друг с другом, и что для них имеет место соотношение  $xy - yx = l_0 iz$ . Если  $l_0 = 0$ , то  $xy = yx$ , т. е. имеем обычную теорию, в которой координаты частицы коммутируют друг с другом. Между временем и координатами в теории Снайдера существуют коммутационные соотношения, аналогичные написанному выше, но только без мнимой единицы, что приводит к непрерывному спектру для времени. Как отмечает И. С. Шапиро: «Важным достижением Снайдера является тот факт, что он показал возможность построения релятивистски инвариантного аппарата с дискретным спектром значений координат. Физический смысл идеи Снайдера состоит ... в том, что невозможно измерить одновременно точно все три пространственные координаты частицы (так же, как в обычной квантовой механике невозможно определить одновременно значения всех компонентов момента количества движения). Измерение одной координаты, скажем  $x$ , «мешает» измерить координаты  $y$  и  $z$ . В этом смысле теория Снайдера является нелокальной, так как ее основной постулат состоит в предположении о невозможности локализовать частицу (поскольку нельзя точно измерить все три пространственные координаты частицы в данный момент времени)»<sup>28</sup>.

Некоторое время идея Снайдера не получала развития. Однако в 1949 г. В. Авербах и В. Медведев предложили более общую теорию, из которой гипотеза Снайдера получается как частный случай<sup>29</sup>. В теории Авербаха и Медведева, как и у Снайдера, вводится универсальная длина  $l_0$ . Однако операторы координат удовлетворяют другим перестановочным соотношениям. Перестановочные соотношения Снайдера получаются как частный случай<sup>30</sup>.

Таким образом, по Снайдеру, Авербаху и Медведеву, пространство — время представляет собой единство прерывного пространства и непрерывного времени.

<sup>28</sup> И. С. Шапиро. О квантованном пространстве и времени в теории элементарных частиц. Сб. «Философские проблемы физики элементарных частиц». М., Изд-во АН СССР, 1963, стр. 162.

<sup>29</sup> В. Авербах, В. Медведев. К теории квантованного пространства — времени. Докл. АН СССР, 1949, т. 64, стр. 41—44.

<sup>30</sup> А. Соколов, Д. Иваненко. Квантовая теория поля. М.—Л., Гостехиздат, 1952, стр. 599.



Можно перечислить еще целый ряд работ, посвященных проблеме квантованного пространства и времени, хотя и менее радикальных по своим идеям в сравнении с идеей Снайдера, но все же интересных. Так, П. Г. Кард предпринял попытку нерелятивистски рассчитать энергетические уровни водородоподобного атома в прерывном пространстве и времени<sup>31</sup>. Дарлинг в основу своей теории положил инвариантный четырехмерный объем пространства — времени, что позволило обеспечить релятивистскую инвариантность основных уравнений (Клейна, Дирака, Максвелла) теории в конечных разностях<sup>32</sup>. А. А. Марх пытался построить релятивистски инвариантную теорию прерывного пространства и времени. Однако, хотя элементарные частицы и протяженны в «известном смысле», в этой теории они точечны вследствие требования релятивистской инвариантности<sup>33</sup>. А. Шифф предпринял попытку построить нелинейную теорию поля в прерывном времени и пространстве<sup>34</sup>. Рело построил теорию прерывности пространства и времени, которая привела к находящемуся в удовлетворительном согласии с экспериментом спектру масс элементарных частиц<sup>35</sup>. П. Кальдиrola предпринял попытку построить электродинамику в прерывном пространстве и времени<sup>36</sup>.

Во всех перечисленных выше работах, развивавших гипотезу квантованного пространства и времени, никак не принималась во внимание теория тяготения Эйнштейна. Однако, как отмечает М. А. Марков, «...вероятно, нельзя рассматривать вопроса собственной энергии частиц, не принимая во внимание общую теорию относительности. Последнее замечание имеет под собой основание. При рассмотрении элементарных частиц, вследствие малости гравитационных эффектов, последние

---

<sup>31</sup> П. Г. Кард. Водородоподобный атом в квантованном пространстве. (Канд. дисс.). Тарту, 1949; Он же. Водородоподобный атом в квантованном пространстве (нерелятивистская теория). ЖЭТФ, 1950, т. 20, стр. 1144—1145.

<sup>32</sup> B. Darling. The irreducible volume character of events. I. A theory of the elementary particles and of fundamental length. „Physical Review“, 80, 460—466, 1950.

<sup>33</sup> A. March. Quantum Mechanics of Particles and Wave Fields. New York, 1951.

<sup>34</sup> L. Schiff. Lattice-space quantization of a nonlinear field theory. „Physical Review“, 92, 766—779, 1953.

<sup>35</sup> P. Rello. Квантовый спектр масс, пространства и времени. „Le Journal de Physique et le Radium“, 14, № 5, 1953.

<sup>36</sup> P. Caldirola. Sull'eguazione del moto dell' elettrone nell'elettrodinamica classica. „Nuovo Cimento“, 10, 1747—1752, 1953.

обычно не принимаются во внимание в квантовой теории. Но, как показал Вейскопф, собственная электростатическая энергия в теории Дирака расходится логарифмически, и масса электростатического поля точечного электрона становится равной массе электрона лишь при длинах порядка

$$r_0 \sim \frac{\hbar^2 \pi^2}{m e} e^{-\hbar^2 \pi c l e^2} \sim 10^{-70} \text{ см.}$$

Эта «критическая» длина значительно меньше гравитационного радиуса электрона ( $10^{-53}$  см).

Следовательно, в этом случае гравитационные эффекты должны быть приняты во внимание последовательным образом и могут оказаться решающими для обсуждаемых трудностей. По-видимому, гравитационный радиус — это пока «единственная «критическая» длина, входящая в теорию последовательным образом, которая в принципе могла бы играть роль «обрезающей» длины в соответствующих расходящихся интегралах»<sup>37</sup>. Эти соображения о возможной роли гравитации были высказаны М. А. Марковым в 1947 г.<sup>38</sup>, а также М. Ф. Широковым<sup>39</sup>.

Однако эти идеи пока не получили своего развития ввиду ряда причин: во-первых, разработка их сопряжена с большими математическими трудностями; во-вторых, имеются процессы (сильные взаимодействия), где, казалось бы, играют роль большие критические длины  $10^{-13}$  см.

Разрабатывая теорию единой «праматерии», В. Гейзенберг<sup>40</sup> вводит наименьшее пространственное расстояние  $l_i$  ( $i=1, 2, 3$ ) и наименьшую длительность  $l_0$ . Хотя теория Гейзенберга в строгом смысле слова не является теорией пространства и времени, все же она непосредственно связана с идеей квантованного пространства и времени, поскольку, по Гейзенбергу, представление о меньшей части пространства и времени, чем  $l_i$  ( $i=0, 1, 2, 3$ ), не имеет физического смысла. В тео-

<sup>37</sup> М. А. Марков. Гипероны и  $k$ -мезоны. «Проблемы физики». М., Физматгиз, 1958, стр. 179—180.

<sup>38</sup> М. А. Марков. Высшие приближения теории возмущения в случае взаимодействия через скалярное мезонное поле. ЖЭТФ, 1947, т. 17, вып. 7, стр. 661.

<sup>39</sup> М. Ф. Широков. О роли гравитации в построении элементарных частиц. Вест. МГУ, 1947, № 4, стр. 67.

<sup>40</sup> W. Heisenberg, Zur Quantisierung nichtlinearer Gleichungen. „Nachrichten der Akademie der Wissenschaften in Göttingen Mathematisch-physikalische Klasse. II a. Mathematisch-physikalische chemische Abteilung“, 8, 111—127, 1953; Quantum theory of fields and elementary particles. „Reviews of Modern Physics“, 2, 269—278, 1957.

рии Гейзенберга  $l_i$  и  $l_0$  — это физические «точки» пространства и физический «момент» времени. Как отмечает Р. Я. Штейнман, «правильность идеи Гейзенберга может быть проверена в конечном счете только экспериментом. Однако даже в случае ее подтверждения представляется рациональным предположить, что единая система элементарных частиц также должна зависеть от условий, существующих в мире в целом, что в зависимости от условий в той или иной части вселенной может измениться вся совокупность значений масс элементарных частиц, даже если отношения масс разных частиц останутся неизменными. Это значит, что и наименьшие доли пространства и времени могут быть различными в разных областях вселенной, пространство и время могут быть деформируемыми. Такое допущение делается в одной из последних работ Гейзенберга с сотрудниками»<sup>41</sup>.

Открытие Янгом и Ли в 1957 г. несохранения четности при слабых взаимодействиях привело некоторых физиков к мысли о том, что, видимо, это нарушение четности обусловлено свойствами не самих микрообъектов, а свойствами пространства и времени в микромире. Такова, например, точка зрения И. С. Шапиро<sup>42</sup>. Согласно этой точке зрения, пространство является неоднородным: оно неориентируемо, т. е. односторонне на малых расстояниях и ориентируемо на расстояниях, больших по сравнению с некоторой критической длиной  $l_0$ . Согласно этой точке зрения, проблема несохранения четности разрешается тривиальным образом: поскольку в одностороннем пространстве зеркальное отражение невозможно, то понятие четности перестает существовать.

Однако, как на это справедливо обратил внимание Р. А. Аронов, подобный подход является методологически несостоятельным, так как, согласно этой точке зрения, следует признать, что не свойства пространства и времени определяются свойствами материи, а, наоборот, свойства движущейся материи определяются свойствами пространства и времени<sup>43</sup>.

Конечно, вполне допустимо предположить, что действительно на расстояниях, меньших  $l_0$ , пространство неориентируемо. Однако при этом не следует считать, что именно эта неориентируемость пространства ответственна за несохране-

<sup>41</sup> Р. Я. Штейнман. Пространство и время. М., Физматгиз, 1962, стр. 217.

<sup>42</sup> И. С. Шапиро. О несохранении четности при  $\beta$ -распаде. УНФ, 1957, т. LXI, вып. 3, стр. 328.

<sup>43</sup> Р. А. Аронов. К проблеме пространства и времени в физике элементарных частиц. Сб. «Философские проблемы физики элементарных частиц». М., Изд-во АН СССР, 1963, стр. 169.

ние четности. Наоборот, несохранение четности есть внутреннее свойство микрообъектов при слабых взаимодействиях, т. е. свойство самих материальных объектов, которые при таких взаимодействиях генерируют свойства пространственно-временных отношений, характеризующиеся атрибутом неориентированности. И эти отношения, находясь в диалектическом единстве с микрообъектом как форма и содержание, в свою очередь, накладывают отпечаток на поведение и свойства самого микрообъекта.

Подобная же попытка объяснения несохранения четности при слабых взаимодействиях свойствами пространства — времени на малых расстояниях была предпринята В. Г. Кадышевским<sup>44</sup>. Развивая гипотезу «компенсации за утраты», согласно которой «константы  $c$  и  $\hbar/2$  п... появляются как «компенсация» за ту информацию, которая теряется при отходе от классики»<sup>45</sup>, В. Г. Кадышевский считает, что компенсировать несохранение четности при слабых взаимодействиях (отход от классики) может только новая константа — константа длины  $l_0$ , которая может быть получена из константы Ферми  $G$ . Согласно точке зрения В. Г. Кадышевского, несохранение четности имеет место не только при слабых, но и при сильных и электромагнитных взаимодействиях. При этом, однако, каждое из этих взаимодействий характеризуется своим «радиусом действия». Если «радиус действия» какого-либо взаимодействия больше  $l_0$  (сильные, электромагнитные), то закон сохранения четности выполняется с большой степенью точности. В противном случае (слабые взаимодействия) закон сохранения четности нарушается. В. Г. Кадышевский прямо утверждает: «Таким образом, отсутствие сохранения четности в слабых взаимодействиях — следствие дискретности пространства — времени»<sup>46</sup>. Интервалы, меньшие  $l_0$ , по В. Г. Кадышевскому, невозможны. С точки зрения принципа соответствия<sup>47</sup>, гипотеза Кадышевского кажется вполне правдоподобной. Однако само истолкование ее применительно к проблеме несохранения четности страдает тем же недостатком, о котором говорилось в выше упомянутой гипотезе Шапиро (хотя, видимо, это, объясняется, скорее, терминологической неточностью).

---

<sup>44</sup> В. Г. Кадышевский. К теории дискретного пространства — времени. Докл. АН СССР, 1961, т. 136, № 1.

<sup>45</sup> Там же, стр. 70.

<sup>46</sup> Там же.

<sup>47</sup> И. В. Кузнецов. Принцип соответствия в современной физике и его философское значение. М., Гостехиздат, 1948.

В 1959—1960 гг. Х. Коишем, а также И. С. Шапиро была предложена идея конечного пространства — времени, согласно которой пространство и время в микромире описываются дискретным, конечным многообразием, т. е. состоят из большого, но конечного числа точек<sup>48</sup>. Привлекательно в этой гипотезе отсутствие бесконечности (так как интегралы превращаются в конечные суммы). Кроме того, конечность числа точек приводит к ряду свойств симметрии пространства — времени, с помощью которых удается объяснить многие свойства симметрии элементарных частиц (квантованность электрического заряда, существование и сохранение лептонных зарядов, закон комбинированной инверсии Ландау). Все эти свойства симметрии элементарных частиц никак не удается объяснить свойствами симметрии обычного пространственно-временного континуума. Эта гипотеза позволяет обеспечить релятивистскую инвариантность в «большом». В гипотезе Коиша — Шапиро невозможно ввести метрические соотношения, так как в пространстве, состоящем из дискретных точек, теряет всякий смысл понятие расстояния между двумя бесконечно близкими точками. Действительно, если это понятие ввести в дискретное пространство, то следует считать, что между двумя точками, из которых состоит такое пространство, существует пространство, которое уже не может не содержать других точек. Но такое допущение противоречит самой идее дискретного пространства. Следовательно, гипотеза Коиша — Шапиро является гипотезой чистой дискретности, не допускающей непрерывности. В этой гипотезе оказывается принципиально невозможным абсолютно точно измерить любую координату микрочастицы (в отличие от гипотезы Снайдера, в которой возможно сколь угодно точно измерить хотя бы одну координату), что равносильно принципиальной нелокализруемости частиц. В этом смысле гипотеза Коиша—Шапиро нелокальна, в ней дискретность пространства в микромире тесным образом связана с «размерами» частиц.

Конечность числа пространственных точек в гипотезе Коиша — Шапиро может породить мысль о том, что будто бы эта гипотеза вводит в рассмотрение конечную вселенную в духе Эддингтона. Однако это не так. Как указывает И. С. Шапиро,

---

<sup>48</sup> H. R. Coish, Elementary particles in a finite world geometry, „Physical Review“, 114, № 1, 1959; J. S. Shapiro, Weak interactions in the theory of elementary particles with finite space, „Nuclear Physics“, 21, 474—491, 1969; И. С. Шапиро, О квантовании пространства и времени в теории „элементарных“ частиц, „Вопросы философии“, 1962, № 5.

«переход от дискретного, но бесконечного многообразия к конечному можно свести, во-первых, к тому, что рассматриваемые на дискретном многообразии функции периодичны...»<sup>49</sup>. Следовательно, как это отмечает И. В. Кузнецов, по Коишу — Шапиро, мир таков, что бесконечное множество его элементов собрано в бесконечное количество периодически повторяющихся комплексов, каждый из которых имеет конечное число точек<sup>50</sup>.

Хотя гипотеза Коиши — Шапиро и привлекательна по ряду причин, отмеченных выше, все же ее дальнейшие перспективы пока еще не ясны. По этому поводу сам И. С. Шапиро замечает: «Прежде всего не сформулированы (и это не легко сделать) динамические принципы, являющиеся основным стержнем всякой теории элементарных частиц. Не исключено, что при их формулировке мы столкнемся с некоторыми «традиционными» трудностями (например, с проблемой унитарности), оказавшимися катастрофическими для других теорий»<sup>51</sup>.

Очень интересную гипотезу, тесно связанную с идеей квантования пространства и времени, высказал в 1949 г. советский физик Я. И. Френкель. Согласно этой гипотезе, движение элементарных частиц не является простым перемещением себе-тождественной частицы из одного места пространства в другое, а представляет собою регенерационный процесс, суть которого состоит в том, что частица периодически исчезает в одной клетке пространства и возникает в другой<sup>52</sup>. Разъясняя суть гипотезы Я. И. Френкеля, Б. Г. Кузнецов отмечает, что регенерационный процесс позволяет отличить один элементарный временной интервал от следующего за ним, а также одну пространственную ячейку от другой<sup>53</sup>. Эти пространственные и временные ячейки являются своеобразными «физическими» точками пространства и «физическим» моментом времени, по-

---

<sup>49</sup> И. С. Шапиро. О квантовании пространства и времени в теории элементарных частиц. Сб. «Философские проблемы физики элементарных частиц». М., Изд-во АН СССР, 1963, стр. 165.

<sup>50</sup> И. В. Кузнецов. Выступление на теоретической конференции по философским вопросам физики элементарных частиц. См. обзор В. И. Скурларова в сб. «Философские проблемы физики элементарных частиц». М., Изд-во АН СССР, 1963, стр. 375.

<sup>51</sup> И. С. Шапиро. О квантовании пространства и времени в теории элементарных частиц, стр. 165.

<sup>52</sup> Я. И. Френкель. Понятие движения в релятивистской квантовой теории. Докл. АН СССР, 1949, т. 64, № 4, стр. 507—509. Он же. К вопросу о единой теории поля. УФН, 1950, т. XLII, вып. 1, стр. 69.

<sup>53</sup> Б. Г. Кузнецов. Эволюция картины мира. М., Изд-во АН СССР, 1961, стр. 341—342.

скольку отсутствуют реальные физические процессы, позволяющие отличить одну часть вещества, заполняющего трехмерный объект, от другой. Однако этот объем признается протяженным, поскольку внутри него происходят определенные физические процессы, по самому своему определению требующие пространственной протяженности. Внутри элементарной ячейки пространство может быть бесконечно делимо, но этой делимости не соответствует какой-либо реальный физический процесс. С точки зрения идеи регенерации макроскопическая мировая линия себестождественной частицы обладает вполне определенной вероятностью, так как она представляет собой цепочку регенераций, каждая из которых характеризуется некоторой вероятностью. При этом макроскопической мировой линии частицы соответствует макроскопическая траектория, которая отличается от микроскопической траектории, представляющей собой все случайные блуждания частицы, вызванные ее регенерациями. Чтобы частица могла находиться не только в макроскопическом покое, но и в макроскопическом движении, необходимо предположить, что пространственное распределение вероятностей регенерации частицы асимметрично (так как симметричное распределение приводило бы только к макроскопическому покою). И такая асимметрия может быть обусловлена только действием в данной пространственно-временной области непрерывного поля другого типа, чем поле, квантом которого является регенерирующая частица<sup>54</sup>.

#### 4. Пространство и время микромира в нелокальных теориях

Наряду с попытками разработки теорий квантованного пространства и времени, предпринимались попытки построения так называемых нелокальных теорий, призванных устранить трудности с расходимостями в квантовой теории поля. Прежде чем перейти к рассмотрению нелокальных теорий, остановимся коротко на самом понятии нелокальности.

Вопрос о том, какой смысл имеют понятия «точка в пространстве» и «момент времени», сводится к вопросу о пределах реальной делимости пространства и времени. В классической физике считается, что таких пределов не существует, т. е.

---

<sup>54</sup> В. Г. Кузнецов. Принципы относительности в античной, классической и квантовой физике, М., Изд-во АН СССР, 1959, стр. 220; Ой же. Бор и Эйнштейн. Сб. «Развитие современной физики». М., «Наука», 1961, стр. 192.

пространство и время чисто непрерывны и делимы до бесконечности. Такой же точки зрения придерживается классическая теория поля и теория относительности.

С возникновением и развитием квантовой механики вопрос о возможности измерения пространственной «точки» и «момента» времени был поставлен по-новому. И реальной основой для пересмотра классических представлений о возможности событий, происходящих в точке, явилось открытие корпускулярно-волнового дуализма микробъектов. Если свободная микрочастица (т. е. не взаимодействующая ни с каким полем) характеризуется плоской монохроматической волной, то это значит, что такая частица с одинаковой вероятностью может быть обнаружена вблизи любой точки пространства. Другими словами, плоская монохроматическая волна описывает всевозможные места локализации свободной частицы. Однако в реальных условиях частица никогда не бывает свободной, но всегда находится во взаимодействии с другими полями и частицами. Именно поэтому реальная частица характеризуется такой волновой функцией, которая не представляет собой монохроматическую волну, а является, как говорят, волновым пакетом, амплитуда которого отлична от нуля только в ограниченной области пространства. Но так как амплитуда волновой функции (вернее, ее квадрат) определяет вероятность обнаружения (локализации) частицы в окрестности некоторой пространственной точки, то это значит, что реальная частица может быть обнаружена (локализована) только в ограниченной области пространства. И размеры этой области (ширина волнового пакета), т. е. области локализации частицы, могут меняться в зависимости от характера и типа взаимодействия данной частицы с другими частицами и полями, а сами «размеры» частицы (если о таковых вообще можно говорить) не могут превосходить размеров области локализации.

Следовательно, вопрос о точном значении координаты микрочастицы разрешается в том случае, если мы выясним, каковы могут быть минимальные размеры волнового пакета (области локализации) данной частицы. Из соотношения неопределенностей для координаты и импульса следует вывод, что чем меньше область локализации частицы, тем больше ее импульс. Другими словами, чтобы микрочастица могла локализоваться в точке, у нее должен быть бесконечно большой импульс. Но это с точки зрения физики абсурд. Следовательно, координата микрочастицы всегда более или менее «размыта», неопределенна. Отсюда вытекает, что понятие «точечной» частицы в квантовой механике физически неправомерно. Если в переды-



тивистской квантовой механике малую область локализации частицы можно рассматривать как математическую точку, то это является лишь абстракцией, которая отнюдь не говорит о том, что реально возможно стянуть в точку область локализации. Оказывается, что уже при размерах области локализации порядка так называемой комптоновской длины волны частицы начинают размножаться (рождаются пары), т. е. частицы теряют свою индивидуальность, в силу чего говорить о координате ее местонахождения становится бессмысленным. Следовательно, если можно говорить о пространственной точке в микромире, то ее следует понимать как «физическую» точку. Дальнейшему делению этой «физической» точки не отвечает реальный физический процесс. Следовательно, можно сказать, что с точки зрения квантовой механики пространство микромира является «физически» не архимедовым. (Аксиома Архимеда имеет следующий смысл: каковы бы ни были отрезки  $A$  и  $B$ , всегда найдется такое число  $n$ , что  $B/n < A$ .) В квантовой теории поля сохраняется представление о точечном взаимодействии частиц и полей, хотя при этом и установлено, что понятие «точечной» напряженности поля, как и понятие точечной частицы, физически неправомочно. И связано это с тем, что одним из требований квантовой теории поля, совместимой с теорией относительности, является именно требование точечности взаимодействия. Но оно-то и порождает трудности в квантовой теории поля.

Начиная с 30-х годов неоднократно предпринимались попытки найти выход из этих затруднений путем построения так называемых нелокальных теорий. Первая нелокальная теория поля была разработана М. А. Марковым<sup>55</sup>, который предположил, что потенциалы электромагнитного поля не коммутируют с координатами пробного заряда. Это равносильно допущению, что существует соотношение неопределенностей для потенциала поля и координаты частицы, т. е. что в пределах некоторой пространственно-временной области, пропорциональной элементарной длине  $S_0$ , неопределенность потенциала поля оказывается порядка величины самого значения потенциала. А это значит, что в пределах такой области понятие поля теряет физический смысл. Эти идеи М. А. Маркова приводят к представлению о четырехмерно протяженных частицах и взаимодействии, происходящем в некоторой области, что формально выражается в появлении во взаимодействии элект-

<sup>55</sup> М. А. Марков. О четырехмерно протяженном электроме в релятивистской квантовой области. ЖЭТФ, 1940, т. 10, вып. 12, стр. 1311.

трона и электромагнитного поля релятивистски-инвариантно-го обрывающего множителя (так называемого форм-фактора), устраняющего расходимость энергии взаимодействия.

Позднее Юкава предложил другой вариант нелокальной теории поля, которая математически формулировалась иначе, чем теория М. А. Маркова<sup>56</sup>. Д. И. Блохинцев по поводу теории Юкава замечает: «Хотя этой теории пытались дать, как нам кажется, несколько уходящее в сторону толкование (через внутренние степени свободы частицы) и математически она сформлилась иначе, нежели теория Маркова, тем не менее она поконится на той же физической идее и приводит к релятивистским обрывающим форм-факторам»<sup>57</sup>.

В работах Д. И. Блохинцева, Мак Мануса, Пайерльса и других авторов развивался иной подход к нелокальной теории, согласно которому свободное поле считается локальным, а нелокальность вводится только во взаимодействие<sup>58</sup>. Согласно этой концепции, взаимодействие «размазано» в пространстве и времени, что формально выражается введением в теорию релятивистски инвариантного форм-фактора. Причем в этой теории допускается, что в областях нелокальности сигналы могут распространяться со сколь угодно большой скоростью. Однако для больших интервалов пространства — времени сигналы, распространяющиеся со скоростью, большей скорости света, крайне слабы и практически ненаблюдаемы.

Однако, как вскоре выяснилось<sup>59</sup>, основной недостаток нелокальных теорий Маркова — Юкавы, а также Блохинцева — Мак Мануса — Пайерльса заключается в том, что уравнения поля для частиц становятся несовместными. После того, как Юкава показал, что нелокальность выражает сложность элементарной частицы и наличие в ней внутренних степеней свободы, стало сомнительным, чтобы «размеры» частицы остава-

---

<sup>56</sup> H. Yukawa, Quantum theory of non-local fields. Part I. Free fields. „Physical Review“, 77, 219—225, 1950; Part II. Irreducible fields and their interaction. „Physical Review“, 80, 1047—1052, 1950.

<sup>57</sup> Д. И. Блохинцев. Нелокальные и нелинейные теории поля. УФН, 1957, т. XI, вып. 2, стр. 138.

<sup>58</sup> Д. И. Блохинцев. Теория поля протяженных частиц. Вест. МГУ (физика), 1948, № 1; Он же. Замечания о возможном релятивистски инвариантном обобщении понятия поля. ЖЭТФ, 1946, т. 16, вып. 6; H. M c - M a n u s. Classical electrodynamics without singularities. „Proceedings of the Royal Society of London“, Series A, 195, 323—336, 1948; R. P e i e r l s, H. M c M a n u s. Electrodynamics without point singularities. „Physical Review“, 70, 795, 1946.

<sup>59</sup> М. А. Марков. Об одном критерии релятивистской инвариантности. ЖЭТФ, 1946, т. 16, вып. 9.

лись постоянными. Стало также ясно, что в случае существования некоторых минимальных пространственно-временных протяженностей в микромире последние должны быть тесно связаны с эффективными «размерами» частиц. Эти идеи навели на мысль о необходимости введения в нелокальную теорию так называемого динамически деформируемого форм-фактора, меняющегося под действием сил. Впервые понятие динамически деформируемого форм-фактора было введено М. А. Марковым<sup>60</sup>. Однако наиболее интересной идеей в трактовке нелокальности является более поздняя идея обобщения понятия координаты, предложенная также М. А. Марковым<sup>61</sup>. Суть ее состоит в следующем.

Если в современной квантовой теории считают: а) что могут существовать волновые пакеты сколь угодно малых размеров; б) что измерение положения частицы может быть проведено за сколь угодно малый промежуток времени; в) что координаты частицы обладают свойством повторяемости (если в моменты времени  $t_1$  и  $t_2$ , не равные друг другу, измерять координату, скажем  $x$ , то значение этой координаты в момент времени  $t_1$  равно ее значению в момент  $t_2$ ), то М. А. Марков считает, что все эти положения являются далеко идущей экстраполяцией грубого опыта. Он предлагает ввести представление о принципиальной нелокализуемости частиц, т. е. представление о наличии некоторой области размером  $r_0$ . Далее, он предлагает отказаться от свойства повторяемости координат, что приводит к распределению по области  $r_0$  координат частицы даже при максимально точных последовательных измерениях. Время же может быть измерено с принципиальной неточностью  $\Delta t \sim r_0/c$ . Реальное пространство в микромире является  $q$ -пространством, где  $q = X + \xi$ ,  $X$  — метрическое пространство,  $\xi$  — отклонение  $q$  от  $X$ . Величина  $\xi$  имеет функцию распределения  $\chi(\xi)$ , в которую входит и  $r_0$ . Сама величина  $q$  также имеет некоторую функцию распределения  $\chi(q)$ , содержащую  $r_0$ . Таким образом, идея нелокальности волнового пакета, развиваемая М. А. Марковым, приводит его к статистической трактовке пространства в микромире. Такая трактовка нелокальности не вступает в противоречие с теорией относительности, так как последняя рассматривает только метрическое пространство  $X$ , а не  $q$ -пространство, метрика которого неопределенна. В последнее время на этом пути делается еще один

<sup>60</sup> М. А. Марков. Динамически деформируемый форм-фактор элементарных частиц. ЖЭТФ, 1953, т. 25, вып. 5; Он же. О нелокальных полях и сложной природе «элементарных» частиц, УФН, 1953, т. 51, вып. 3.

<sup>61</sup> М. А. Марков. Гипероны и  $k$ -мезоны.

шаг: размер области  $r_0$  не считается постоянным для всех частиц, а для каждой частицы является своим. Тем самым предпринимаются попытки связать спектр масс элементарных частиц с минимальными «координатными областями».

Из представления о деформируемом форм-факторе, как это отмечает Р. Я. Штейнман, вытекает важное следствие: «Чтобы элементарная частица, обладающая наименьшим зарядом данного типа, могла деформироваться под действием внешнего поля, ее «элементы» должны быть связаны внутренним полем другого типа. Очевидно, деформация возможна в том случае, если внешнее поле и внутреннее связаны»<sup>62</sup>. Именно это обстоятельство позволяет М. А. Маркову рассматривать семейство гиперонов как своего рода «возбужденные состояния» нуклонов, а семейство  $\lambda$ - и  $k$ -мезонов — как системы, состоящие из двух барионов каждая.

В идее деформируемого форм-фактора и трактовке нелокальности, предложенной М. А. Марковым, упор делается не на признание существования некоторой универсальной длины, характеризующей пространство любой микрочастицы, а на признание существования «подвижной» минимальной длины, размеры которой определяются типом и характером взаимодействия частиц и полей. Однако дальнейшие возможности теории М. А. Маркова пока не ясны в силу того, что она не приняла еще черт последовательной теории.

И тем не менее уже в таком виде она представляет значительный интерес с общефилософской точки зрения в двух отношениях. Во-первых, сама по себе идея обобщения понятия координаты на область микромира, видимо, находится в русле требований диалектического закона меры. Во-вторых, упор на признание существования «подвижной» минимальной длины, размеры которой определяются типом и характером взаимодействия частиц и полей, самым красноречивым образом говорит о том, что в физике микромира все настоятельнее прокладывает себе дорогу идея о глубокой и неразрывной связи пространственно-временных форм и отношений микрообъектов со свойствами самих микрообъектов.

Мы не будем здесь останавливаться на многочисленных других работах по нелокальной теории поля, число которых в настоящее время достаточно велико. Следует отметить то обстоятельство, что разработка нелокальных теорий до настоящего времени не принесла пока обнадеживающих результатов. Наоборот, выяснилось много трудностей, которые на пер-

---

<sup>62</sup> Р. Я. Штейнман, Пространство и время, стр. 212.

рых порах оставались незамеченными. Конечно, вполне возможно, что будет разработана нелокальная теория, лишенная этих недостатков и приводящая к определенным успехам. Но это — дело будущего.

## 5. Корпускулярно-волновой дуализм микрообъектов и пространство — время микромира

Приведенный выше фактический материал показывает, насколько велики трудности современной квантовой теории полей и частиц и сколь многочисленны попытки избавиться от них путем поисков удовлетворительного решения проблемы пространства и времени микромира. И эти надежды отражают объективную логику явлений материального мира. Поскольку «пространство и время — не простые формы явлений, а объективно-реальные формы бытия»<sup>63</sup>, постольку лишь та теория, которая в состоянии правильно отразить объективную связь этих форм бытия с самим бытием, может рассчитывать на успех. Однако одно дело — понимать необходимость нахождения такой связи и совсем другое — действительно найти ее. Пути этого поиска сложны и противоречивы. В области же микромира эта противоречивость и сложность в большей степени, чем в других областях физического мира, обусловлена сложностью и противоречивостью самого объекта исследования.

И, тем не менее, рассмотренные выше попытки построения теории пространства и времени микромира убеждают нас в том, что познание связи природы и свойств микрообъектов с пространственно-временными формами их существования не стоит на месте. Хотя ни одна из этих попыток еще не может быть признана в достаточной мере успешной, не вступающей в противоречие с твердо установленными физическими законами и принципами, все же с каждой из них связан некоторый успех, сглаживающий или устраняющий те или иные трудности современной квантовой теории поля. С точки зрения процесса познания этот факт свидетельствует о том, что каждая из этих теорий в какой-то степени включает в себя долю абсолютной истины, содержанием которой является адекватная картина связи природы и свойств микрообъектов и простран-

---

<sup>63</sup> В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 18, стр. 181.

ственно-временных форм их существования. Поэтому небезын-тересно рассмотреть вопрос о том, какова связь между теми точками зрения на проблему пространства и времени микромира, которые развиваются в рассмотренных выше теориях. Поскольку каждая из этих теорий существует параллельно (не имея в виду историческую последовательность их появления) и по большей части не является дальнейшим углублением и развитием предыдущей, постольку ясно, что эта связь не носит характера той связи, которая устанавливается принципом соответствия. Рассмотрим этот вопрос подробнее.

Из приведенных выше гипотез и предположений, касающихся проблемы пространства и времени микромира, нетрудно усмотреть одну немаловажную, как нам представляется, особенность. Здесь имеется в виду то обстоятельство, что попытки пересмотра пространственно-временных отношений в области микромира так или иначе связаны с представлением только о пространственной протяженности микрообъектов. Но сам по себе факт пространственной протяженности микрообъектов еще не говорит о его отличии от классического объекта. А между тем микрообъект обладает свойством корпускулярно-волнового дуализма, которое, однако, как нам кажется, слабо преломляется в свете идей, касающихся пересмотра пространственно-временной картины микромира. С этой точки зрения весьма логично предположить, что современные теории пространства и времени микромира потому и не лишены многих противоречий, что их исходные предпосылки содержат в себе непоследовательность, а именно: они не учитывают надлежащим образом качественное отличие квантового микрообъекта от классического, выражающееся в наличии у первого корпускулярно-волновых свойств.

Ниже мы предпримем попытку связать корпускулярно-волновые свойства микрообъектов со свойствами пространственно-временных форм их существования. При этом, как мы увидим, обнаруживается определенная связь различных рассмотренных выше точек зрения на проблему пространства и времени микромира.

Для целей такого рассмотрения обратимся прежде всего к вопросу о возможности применения так называемой теоремы Котельникова к волновой функции в квантовой механике. Суть этой теоремы, доказанной в 1933 г. академиком В. А. Котельниковым, состоит в следующем: если спектр функции  $G(t)$  не содержит составляющих с частотой выше  $W$  гц, то эта функция полностью определяется последовательностью ее значений в точках, отстоящих на расстоянии  $1/2W$  сек друг от друга.

Эти точки называются точками отсчета<sup>64</sup>. Согласно теореме Котельникова, непрерывная функция  $G(t)$  может быть представлена в виде некоторой суммы, слагаемые которой определяются значениями этой функции в точках отсчета и частотой  $W$ .

Если мы представим волновую функцию свободной частицы в виде

$$\Psi(\vec{r}, t) = ce^{j \frac{P_x}{\hbar/2\pi} x} \cdot e^{j \frac{P_y}{\hbar/2\pi} y} \cdot e^{j \frac{P_z}{\hbar/2\pi} z} \cdot e^{-j \frac{E}{\hbar/2\pi} t}, \quad (21)$$

то непосредственными вычислениями легко убедиться, что спектры соответствующих сомножителей не содержат составляющих с частотами больше соответственно

$$W_x = \frac{P_x}{\hbar/2\pi}, \quad W_y = \frac{P_y}{\hbar/2\pi}, \quad W_z = \frac{P_z}{\hbar/2\pi}, \quad W_t = \frac{E}{\hbar/2\pi}. \quad (22)$$

Следовательно, к каждому сомножителю применима теорема Котельникова и вся волновая функция (21) полностью определяется ее значениями в пространственных и временных точках отсчета, отстоящих друг от друга на расстояниях

$$L_{0x} = \frac{\hbar/2\pi}{2P_x}, \quad L_{0y} = \frac{\hbar/2\pi}{2P_y}, \quad L_{0z} = \frac{\hbar/2\pi}{2P_z}, \quad t_0 = \frac{\hbar/2\pi}{2E} \quad (23)$$

соответственно по осям  $x, y, z, t$ . Это значит, что в пространственном и временном континуумах микрообъекта объективно выделяются некоторые точки, координаты которых и расстояния между которыми всецело определены состоянием самого микрообъекта (его энергией и значениями компонент импульса).

Относительно связанной частицы, т. е. находящейся во взаимодействии с другими полями и частицами, важно отметить следующее. Как было отмечено выше, волновая функция связанной частицы не является плоской монохроматической волной, а представляет собой волновой пакет. Поведение каждой из связанных частиц, конечно, может быть описано соответствующей волновой функцией, отражающей соответствующие взаимодействия всех частиц, образующих данную систему. Однако, для того чтобы провести аналогию меж-

<sup>64</sup> В. А. Котельников. О пропускной способности «эфира» и проволоки в электросвязи. «Всесоюзный энергетический комитет. Материалы к Первому всесоюзному съезду по вопросам реконструкции дела связи и развития слаботочной промышленности». Изд. ред. Упр. связи и РККА, 1933; С. Голдман. Теория информации. М., ИЛ, 1957, стр. 81—86.

ду связанной и свободной частицами в отношении их пространственно-временного поведения, необходимо допустить, что каков бы ни был характер связи частицы с другими частицами и полями, спектры ее волновой функции всегда имеют ограниченную полосу частот по пространственным и временным переменным. Хорошим наводящим примером (но, конечно, не обоснованием) для такого допущения является случай выхождения микрочастицы из области потенциальной ямы, когда амплитуда волновой функции рассматриваемой частицы сказывается отличной от нуля не только в области потенциальной ямы, но и за ее пределами. Ведь в сущности всякая связанная частица представляет собой довольно близкий аналог частицы, находящейся в потенциальной яме. Поэтому вполне логично предположение о том, что областью существования ее волновой функции является все бесконечное пространство и время (на языке математики — от минус до плюс бесконечности). Но если это так, то спектры волновой функции могут иметь ограниченную полосу частот по пространственным и временной переменным.

Сделанное нами допущение об ограниченности частот спектра волновой функции связанной частицы, как мы увидим ниже, эквивалентно тому, что частица не может быть точечной, а занимает всегда некоторый пространственный объем, т. е. имеет некоторую структуру. В настоящее время имеются, как мы уже отмечали, веские экспериментальные доказательства наличия структуры у «элементарных» частиц. Так что сделанное допущение кажется вполне правомерным и вряд ли является слишком «жестким». Оно приводит к тому, что для волновой функции каждой частицы, входящей в систему, могут быть найдены соответствующие расстояния между точками отсчета, относительно которых можно буквально повторить все то же, что было сказано по этому поводу о свободной частице. Это значит, что можно (и нужно) говорить о пространственно-временных отношениях каждой в отдельности частицы, входящей в систему. И при этом ясно, что пространственно-временные отношения каждой частицы определяются не только состояниями этой частицы, но и состояниями всех других частиц, образующих систему. В этом обстоятельстве можно видеть реальное проявление неразрывной взаимосвязи материи, движения, пространства и времени. Конечно, для такой системы, поскольку она еще является микрособъектом, можно написать волновую функцию, определяющую характер поведения всей системы в целом как таковой. Очевидно, расстояния между точками отсчета для такой системы взаимо-



связанных частиц каким-то сложным образом будут определяться всей совокупностью частиц, образующих систему, и не будут сводиться ни к одному из таких расстояний, характерных для отдельной частицы, входящей в систему. Это обстоятельство отражает диалектику элементов и структуры материальных систем.

С точки зрения высказанных выше соображений относительно точек отсчета отдельной частицы, входящей в состав некоторой сложной системы частиц, становится понятным заключение о том, что пространственно-временные отношения одной частицы, находящейся в каком-либо поле (электромагнитном, гравитационном и т. д.), непосредственным образом определяются как внутренним состоянием самой частицы, так и характером воздействующего на нее поля. А это значит, что «элементарные» частицы, лежащие в основе всего мироздания, в свойствах и проявлениях не изолированы от мира в целом, а неразрывно с ним связаны<sup>65</sup>.

Мы уже говорили, что ширина волнового пакета каждой из связанных частиц определяется характером и типом взаимодействия данной частицы с другими частицами и полями. Чем более сильным является такое взаимодействие, тем уже будет волновой пакет данной связанной частицы. Но чем уже волновой пакет, тем меньше расстояния между точками отсчета по пространственным и временной переменным  $x, y, z, t$ . Возникает вопрос: каковы же наименьшие возможные значения этих расстояний? Из выражений для расстояний  $L_{0x}, L_{0y}, L_{0z}$  между точками отсчета по осям  $x, y, z$  соответственно следует, что эти расстояния принимают наименьшие значения при наибольшем значении импульса связанной частицы. Однако поскольку импульс частицы не может превосходить значения  $p = mc$ , где  $m$  — ее масса,  $c$  — скорость света, то отсюда следует, что наименьшее значение расстояний  $L_{0x}, L_{0y}, L_{0z}$  совпадает с половиной так называемой комптоновской длины волны данной частицы. Но при максимальном импульсе энергия частицы также максимальна в силу известного соотношения между энергией и импульсом. Следовательно, минимальному расстоянию между точками отсчета по пространственным переменным соответствует минимальное расстояние между точками отсчета по оси времени (так как оно обратно пропорционально энергии частицы).

<sup>65</sup> На подобную связь, в частности, обращается внимание в статье В. А. Амбарцумяна «Проблемы современной астрономии и физика микромира». (Сб. «Философские проблемы физики элементарных частиц». М., Изд-во АН СССР, 1963, стр. 36—46).

Минимально возможным значениям расстояний между точками отсчета по пространственным переменным соответствует и минимально возможная ширина волнового пакета. Но поскольку расстояние между точками отсчета не может превосходить ширины волнового пакета, постольку следует вывод, что минимально возможные расстояния между точками отсчета по пространственным переменным определяют и минимально возможную ширину волнового пакета. Если при этом мы вспомним, что «размеры» частицы (см. предыдущий раздел) не могут превосходить размеров волнового пакета, то сразу же приходим к любопытному заключению: минимальные расстояния между точками отсчета волновой функции по пространственным переменным для данной частицы определяют минимальные «размеры» этой частицы. Такое заключение оправдывает сделанное выше предположение о характере спектров волновой функции связанной частицы. Естественно, напрашивается предположение, что «диаметр» частицы связан с расстояниями между точками отсчета некоторой функциональной зависимостью. В таком случае из вышеуказанного следует, что «размеры» частицы не остаются постоянными, а определяются характером и типом взаимодействия данной частицы с другими частицами и полями. При этом «размеры» частицы не могут быть меньше некоторого минимального значения, характерного для данной частицы. Если это так, то, видимо, следует признать, что дальнейшие попытки уменьшения «размеров» частицы приводят к тому, что частица как таковая перестает существовать. Но материя не может исчезнуть бесследно: перестав существовать как таковая, частица «вынуждена» превратиться во что-то «другое». И этим «другим», видимо, является либо другая частица, либо некоторое поле (хотя, конечно, такое разделение можно провести чисто условно). Такое заключение может соответствовать всей совокупности наших современных знаний о взаимопревращаемости частиц.

Развитые выше соображения согласуются с представлением о четырехмерно протяженных частицах и принципиально нелокализуемых полях, т. е. с отправной идеей нелокальной теории М. А. Маркова. Эти же соображения проливают свет и на то обстоятельство, что попытки введения в теорию «размеров» частиц хотя бы интуитивно воспринимаются как попытки пересмотра пространственно-временных отношений в микромире.

Сделанное выше предположение о связи «размеров» частицы с расстояниями между точками отсчета делает возмож-

ным объяснение движения частиц регенерационным процессом. Действительно, в каждый данный момент времени частица находится в определенной пространственной ячейке, размеры которой равны «размерам» самой частицы. При этом компоненты «механической» скорости движения частицы, согласно квантовой механике, равны

$$v_x = \frac{P_x}{m}, \quad v_y = \frac{P_y}{m}, \quad v_z = \frac{P_z}{m},$$

где  $P_x, P_y, P_z$  — компоненты импульса частицы,  $m$  — ее масса.

Но из (23) находим, что  $v_x = \frac{l_{0x}}{t_0}$ ,  $v_y = \frac{l_{0y}}{t_0}$ ,  $v_z = \frac{l_{0z}}{t_0}$ ,

где

$$l_{0x} = \frac{\hbar/2\pi}{P_x}, \quad l_{0y} = \frac{\hbar/2\pi}{P_y}, \quad l_{0z} = \frac{\hbar/2\pi}{P_z}, \quad t_0 = \frac{\hbar/2\pi}{2E}. \quad (24)$$

При «механической» скорости, равной скорости света, частица будет иметь максимальный импульс и минимальные «размеры».

Но при минимальных «размерах», как было отмечено выше, частица не может существовать как таковая и превращается во что-то «другое». В частности, этим «другим» может оказаться снова частица, тождественная только что претерпевшей превращение. Но это и есть регенерация. С этой точки зрения ясно, что микроскопические пространственные и временные координаты «центра» частицы могут принимать лишь значения, равные целому числу интервалов  $l_{0x}, l_{0y}, l_{0z}, t_0$ , что соответствует основной идее гипотезы квантованного пространства и времени, если под квантами последних понимать именно эти интервалы. Конечно, отсюда еще вряд ли могут быть выведены, например, коммутационные соотношения Снайдера для координат и времени, тем более, что вообще еще не ясно, имеют ли они место в действительности. Однако с точки зрения вопроса, рассматриваемого в данном разделе, для нас больше важен факт, что такие, казалось бы, не связанные между собою понятия, как «размеры» частиц и кванты пространства и времени, обнаруживают неразрывную связь при соответствующей точке зрения на эти понятия.

Конечно, нарисованная картина регенерации приведена не как доказательство того, что в микромире действительно происходят такие процессы, обеспечивающие пространственно-временное движение частиц, а как иллюстрация возможности объяснения таких процессов (если они в действительности имеют место в природе) с точки зрения тех перспектив, кото-

рые открываются при соответствующем истолковании физического смысла точек отсчета для волновой функции в квантовой механике.

С точки зрения развиваемой гипотезы отчетливо вырисовывается представление о едином пространстве — времени в микромире. В самом деле, как в нерелятивистском, так и в релятивистском случае обнаруживается глубокая связь пространственных и временных интервалов между точками отсчета волновой функции свободной частицы. Кроме того, из законов преобразования энергии и импульса при переходе от одной инерциальной системы к другой непосредственно вытекают определенные преобразования для интервалов между точками отсчета в инерциальных системах. При этом преобразования пространственных и временных интервалов в релятивистском случае расходятся с преобразованиями Лоренца, хотя и следуют из специальной теории относительности. Может показаться, что такая ситуация обнаруживает некоторое противоречие. Однако никакого противоречия нет. Дело в том, что пространственные и временные интервалы между точками отсчета волновой функции свободной частицы в неподвижной системе (например, будучи преобразованными в пространственные и временные интервалы подвижной системы по формулам Лоренца) уже не являются интервалами между точками отсчета волновой функции свободной частицы в подвижной системе. И это обстоятельство является следствием инвариантности волновой функции относительно преобразований Лоренца.

Существующая связь интервалов между точками отсчета указывает на то, что и в области микромира следует говорить о едином пространстве — времени, а не отдельно о пространстве и времени. Но пространство — время микромира качественно отлично от пространства — времени макромира. И это отличие находит свое выражение в отличии законов преобразования пространственных и временных интервалов между точками отсчета волновой функции свободной частицы от законов преобразования пространственных и временных интервалов в специальной теории относительности.

Представляется заманчивой перспектива обобщения квадратичной формы для пространственно-временного интервала в микромире. Из законов преобразования величин (24) для инерциальных систем можно получить выражение

$$\Delta S^2 = \frac{4c^2 t_0^2 l_{0x}^2 l_{0y}^2 l_{0z}^2}{4c^2 t_0^2 (l_{0x}^2 l_{0y}^2 + l_{0y}^2 l_{0z}^2 + l_{0z}^2 l_{0x}^2) - l_{0x}^2 l_{0y}^2 l_{0z}^2} = \left(\frac{h^2 2\pi}{mc}\right)^2, \quad (25)$$

которое является инвариантным по отношению к преобразованиям Лоренца и которое имеет размерность квадрата длины. Естественно, напрашивается мысль представить квадрат пространственно-временного интервала в микромире в виде

$$DS_i^2 = g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu + j\alpha \frac{4c^2 t_{i0}^2 (l_{i0x}^2 l_{i0y}^2 l_{i0z}^2 l_{i0x}^2 l_{i0y}^2 l_{i0z}^2 + l_{i0y}^2 l_{i0z}^2 + l_{i0z}^2 l_{i0x}^2) - l_{i0x}^2 l_{i0y}^2 l_{i0z}^2}{4c^2 t_{i0}^2 (l_{i0x}^2 l_{i0y}^2 l_{i0z}^2 + l_{i0y}^2 l_{i0z}^2 + l_{i0z}^2 l_{i0x}^2) - l_{i0x}^2 l_{i0y}^2 l_{i0z}^2}, \quad (26)$$

где первое слагаемое представляет не что иное, как квадрат пространственно-временного интервала специальной теории относительности;  $\alpha$  — некоторая константа, подлежащая определению;  $j$  — мнимая единица.

В приведенном выражении индексе  $i$  отражает факт непосредственного влияния самого микрообъекта  $i$  в формировании его пространственно-временной метрики. Мнимая единица  $j$  перед вторым слагаемым выбрана из следующих не очень строгих соображений. В силу неопределенности константы  $\alpha$  мы вполне можем поставить мнимую единицу перед вторым слагаемым. Если, не приписывая мнимой единицы  $j$  перед вторым слагаемым, считать коэффициент  $\alpha$  действительным, то, согласно известному правилу математического анализа, можно пренебречь величиной  $g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu$  в выражении для  $DS_i^2$  как бесконечно малой по сравнению со вторым слагаемым. Но в таком случае не будет выполняться принцип соответствия<sup>66</sup>, что неудовлетворительно с методологической точки зрения. Наличие же мнимой единицы перед вторым слагаемым не позволяет пренебречь первым слагаемым и, следовательно, обеспечивает выполнимость принципа соответствия.

Легко заметить, что приведенное обобщение квадратичной формы для пространственно-временного интервала в микромире находится полностью в русле тех общих соображений, которые были изложены выше. Поэтому небезынтересно проанализировать следствия, вытекающие из явлений равенства, неравенства, подобия, одоно-хроноизомерии метрик двух и более пространственно-временных структур микрообъектов. Однако подобный всесторонний анализ мог бы составить предмет особого исследования. Поэтому в настоящей книге мы коснемся лишь некоторых сторон такого анализа в следующем разделе.

Особо следует отметить тот факт, что предлагаемая нами гипотеза не является гипотезой только чистой непрерывности

<sup>66</sup> И. В. Кузнецов. Принцип соответствия в современной физике и его философское значение.

или гипотезы только чистой дискретности, что непосредственно следует из выражения (26). Первое слагаемое этого выражения представляет собой квадрат пространственно-временного интервала специальной теории относительности. Но, как уже отмечалось, единое пространство — время специальной теории относительности характеризуется единством свойств непрерывности и дискретности (единое пространство — время является континуально-дискретным). Второе слагаемое в выражении (26) имеет тот смысл, что в том континуально-дискретном пространстве — времени, в котором движутся микросубъекты, существуют некоторые объективно выделяющиеся точки, расстояния между которыми представляют собой кванты пространства — времени. Причем сами эти кванты, как уже отмечалось, могут непрерывно деформироваться.

Таким образом, с точки зрения развиваемой здесь гипотезы единство свойств дискретности и непрерывности в пространственно-временных структурах микрообъектов представляет собой довольно сложную картину.

В этом обстоятельстве мы усматриваем проявление диалектики формы и содержания: пространство — время любого конкретного микрообъекта, являясь формой его существования, обладает дискретно-непрерывной структурой, которая обусловлена корпускулярно-волновым дуализмом микрообъектов. При этом пространство — время микрообъекта формируется не только самим микрообъектом, но и окружающими макроусловиями. И в этом, видимо, отражается момент всеобщей взаимосвязи материальных объектов.

Заметим еще, что из выражения для квадрата пространственно-временного интервала, предложенного в данной гипотезе, следует, что пространство — время микрообъекта не является однородным. Неоднородность эта выражается в том, что пространственные кванты  $l_{0x}$ ,  $l_{0y}$ ,  $l_{0z}$  не равны друг другу.

Определенный интерес представляет следующее обстоятельство. Если мы будем рассматривать связанную частицу, волновой пакет которой ограничен по всем трем пространственным осям, то в силу сделанного выше предположения об ограниченности полосы частот по переменным  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $t$  у спектров волновой функции связанной частицы следует, что количество пространственных точек отсчета у связанной частицы ограничено. Это заключение непосредственно перекликается с упомянутой выше гипотезой Коинша — Шапиро, хотя и расходится с представлением о чисто дискретном пространстве — времени микрообъекта.

Описанный выше характер движения микрочастицы показывает, что микроскопическая «траектория» ее представляет собой некоторую ломаную линию, или последовательность точек, соединенные которых дает такую линию, соединяющую все пространственные точки отсчета, которые образуют кубическую решетку. Если начальную точку, с которой частица начала свое движение, рассматривать как начало макроскопической «траектории», а конечную — как конец ее, то станет ясно, что, исходя из макроскопического понятия траектории, последняя может быть получена по правилу сложения векторов, причем слагаемыми векторами будут векторы, соединяющие соседние точки отсчета в плоскостях  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Направление этих векторов, совпадает с направлением импульса частицы при движении ее «центра» от одной точки отсчета к другой. Поскольку начальная точка отсчета, с которой начинается движение частицы, не известна (а она определяет и конечную), постольку о реализации какой-либо конкретной макроскопической «траектории» частицы можно говорить лишь с некоторой вероятностью. Однако до тех пор, пока не вскрыт механизм асимметрии движения частиц, вряд ли может быть задана априорная вероятность подобной траектории.

Если предположить, что начальной точкой, с которой начинается движение связанной частицы, может быть любая из точек кубической решетки, то возможных макроскопических «траекторий» частицы будет столько же, сколько возможных способов обхода всех точек решетки. Другими словами, каждая из точек отсчета определяет некоторую вероятность той или иной макроскопической «траектории». Но волновая функция такой связанной частицы, как было отмечено выше, может быть разложена в ряд Котельникова, число слагаемых которого будет определяться числом точек отсчета. Следовательно, каждое слагаемое этого ряда для волновой функции связанной частицы определяет некоторую вероятность той или иной макроскопической «траектории». Такой вывод вплотную подводит нас к исходной идее Р. Фейнмана, согласно которой волновая функция частицы равна сумме некоторых слагаемых, каждое из которых определяет вероятность той или иной траектории<sup>67</sup>.

---

67 Р. Фейнман. Пространственно-временной подход к нерелятивистской квантовой механике. Сб. «Вопросы причинности в квантовой механике», М., 1955, стр. 167—207; Он же. Пространственно-временная трактовка квантовой электродинамики. Сб. «Новейшее развитие квантовой электродинамики», М., 1954; Он же. Теория позитронов. Там же.

Как уже отмечалось, с точки зрения представлений о квантованном пространстве и времени, интервалы  $l_{0x}, l_{0y}, l_{0z}, t_0$  и являются квантами пространства — времени. Выше мы видели, что эти кванты всецело определяются природой микрообъекта и характером его взаимодействия с другими микрообъектами и полями. Даже если рассматривать так называемый «свободный» микрообъект, то и он не является свободным в полном смысле, так как находится во взаимодействии с физическим вакуумом различных материальных полей. Флуктуации этого вакуума приводят к флуктуациям энергии и импульса даже «свободной» частицы, которые, в свою очередь, приводят к флуктуациям пространственно-временных квантов.

Идея флуктуации пространственно-временной метрики была высказана Д. И. Блохинцевым<sup>68</sup> в 1960 г. С точки зрения этой идеи такие флуктуации существенны в пределах  $L_0 = 0,82 \cdot 10^{-32}$  см и обусловлены нулевыми колебаниями вакуума. Однако соображения, высказанные по этому поводу Д. И. Блохинцевым, не следует рассматривать как соображения, касающиеся пересмотра классических представлений о пространстве и времени в микромире, ибо неучет нулевых колебаний вакуума с этой точки зрения возвращает нас к представлению о движении частицы по законам теории тяготения Эйнштейна (отсутствие флуктуаций метрического тензора). С нашей же точки зрения, неучет нулевых колебаний вакуума возвращает нас от представления о статистически квантованном пространстве и времени к статически квантованному пространству и времени. Учет нулевых колебаний вакуума приводит к заключению о том, что пространственно-временные кванты должны характеризоваться некоторыми средними значениями (которые различны для разных микрообъектов) и некоторыми функциями распределения. Однако это обстоятельство не отражается в формализме развиваемой здесь гипотезы. И объясняется это прежде всего тем, что настоящая гипотеза всецело исходит из основных идей нерелятивистской квантовой механики, в которой как раз и не принимаются во внимание флуктуации вакуума. Однако принципиально ясно, что в случае учета флуктуаций вакуума мы очень близко подходим к основным идеям нелокальной теории М. А. Маркова, в которой метрика носит статистический характер. Поэтому вряд ли допустимо говорить об универсальном характере квантов пространства и времени в смысле их постоянства и неизменности.

<sup>68</sup> Д. И. Блохинцев. Флуктуация пространственно-временной метрики. Дубна, 1960.



Такой же вывод следует и из общефилософских представлений о пространстве и времени как о формах существования материи. Абсолютизация какой-либо одной из форм движения материи недопустима. Материя многокачественна по формам движения, и эти формы несводимы друг к другу, с каждой из них связана своя пространственно-временная форма. Если пространственно-временное поведение частицы характеризуется некоторыми квантами пространства и времени, то это значит, что свойства пространства и времени частицы с формальной точки зрения определяются этими квантами. Но это только с формальной точки зрения. В действительности же свойства пространства и времени микрочастицы, а следовательно, и его кванты полностью определяются природой самой микрочастицы и характером ее взаимодействия с другими частицами и полями. Поэтому кванты пространства и времени не могут быть одними и теми же для всех частиц и всех видов их взаимодействия.

Однако факт взаимопревращаемости «элементарных» частиц делает все более правдоподобным предположение о том, что какие-то из них являются «фундаментальными», а все остальные частицы представляют собой «возбужденное» состояние «фундаментальных». Если в действительности дело обстоит именно так, то пространственно-временные кванты этих «фундаментальных» частиц будут определяться характером самодействия единого поля, квантами которого и являются все частицы. Характер же самодействия этого поля будет определяться состоянием поля. Следовательно, и пространственно-временные кванты «фундаментальных» частиц будут зависеть от состояния поля, т. е. не будут универсальными константами. «Универсальными» они могут быть названы лишь в том смысле, что они каким-то образом определяют пространственно-временные кванты всех других частиц.

Все предыдущее изложение, связанное с физическим истолкованием пространственно-временных точек отсчета и интервалов между ними, относилось к случаю нерелятивистской квантовой механики, изучающей поведение микрочастиц, движущихся со скоростями, значительно меньшими скорости света. Когда же скорость частицы близка к скорости света, ее поведение изучается методами так называемой релятивистской квантовой механики. Естественно, возникает вопрос, что же нового по сравнению с нерелятивистской квантовой механикой вносит релятивистская квантовая механика в понимание пространственно-временных отношений в микромире, исходя из развитых здесь представлений о точках отсчета. Рассмотр-

рим этот вопрос на примере так называемого релятивистского уравнения Дирака для электронов.

Как известно, волновая функция электрона в уравнении Дирака, по существу, представляет собой четыре функции. Наличие четырех компонент волновой функции объясняется возможностью двух ориентаций спина и двузначностью энергии электрона. Однако, как выяснилось позднее, отрицательное значение энергии следует приписать не собственно электрону, а его антиподу — позитрону. Таким образом, две компоненты волновой функции описывают поведение электрона, соответствующее двум ориентациям спина. Две же другие — поведение позитрона, соответствующее также двум ориентациям спина. Применение к этим четырем компонентам волновой функции теоремы Котельникова обнаруживает, что кванты времени для электрона и позитрона различаются только знаками и не зависят от ориентации спина. Знаки же пространственных квантов зависят от ориентации импульса и также не зависят от ориентации спина. Так как зеркальное отражение пространства эквивалентно изменению ориентации импульса (в случае, если импульс направлен по той оси, которая зеркально отражается) или какой-либо его компоненты (в случае, если направление импульса не совпадает ни с одним направлением координатных осей) на противоположную, то выходит, что при зеркальном отражении пространства некоторые из квантов  $L_{0x}$ ,  $L_{0y}$ ,  $L_{0z}$  меняют свой знак на противоположный. Таким образом, если электрон и позитрон имеют одинаковое направление импульсов, то направления их пространственных перемещений совпадают, между тем как по оси времени позитрон движется как бы вспять относительно электрона. И такое положение дел, видимо, затрагивает проблемы несохранения четности и направления времени в микромире, рассмотрение которых, однако, не входит в нашу задачу.

Сделаем еще одно замечание. Если нельзя сказать, что теория квантованных полей окончательна и не может быть подвергнута пересмотру, то все же очевидно, что в достаточно широкой области явлений она правильна. Следовательно, в такой же мере, в какой окажется справедливым сделанное выше предположение об ограниченности полосы частот спектра волновой функции в квантовой механике по пространственным и временным переменным, справедливо и обобщение этого предположения на область квантовой теории поля. В частности, ограниченность полосы частот спектра квантованного волнового поля по временной переменной будет означать, что, каково бы ни было это поле (электронно-позитронное, мезон-

ное, нуклонное и т. п.), оно обязательно характеризуется некоторой критической длиной волны, характерной для данного поля. Колебания поля с длиной волны, меньшей критической, физически невозможны.

Таким образом, одно предположение о характере волновых функций в квантовой механике открывает довольно интересные и заманчивые перспективы. Именно с этой точки зрения выясняется, что предположение о наличии «размеров» у микрочастиц эквивалентно предположению о квантованном пространстве — времени и предположению о принципиальной нелокализваемости полей; что наличие структуры у микрочастицы приводит к выводу о существовании для волновых полей критических длин волн. Другими словами, оказывается возможным провести такую точку зрения на проблему квантованного пространства и времени, что многие, на первый взгляд, разрозненные и не связанные между собой гипотезы, существующие параллельно, выступают в качестве охватывающих отдельные моменты и стороны единой проблемы.

Установление связи между этими гипотезами, хотя, возможно, и не решает проблемы пространства и времени микромира, все же в какой-то степени приближает нас к ее решению. И по пути этого приближения методологически важным является уяснение правильной точки зрения на соотношение прерывности и непрерывности пространства и времени микромира.

Каждая из предложенных ранее гипотез, касающихся пересмотра пространственно-временных отношений в микромире, потому и заслуживает внимания, что позволяет хотя бы в какой-то степени устранить или смягчить трудности современной квантовой теории. Если намечается возможность установить взаимосвязь между всеми этими гипотезами с точки зрения новой гипотезы, то мы вправе ожидать, что эта новая гипотеза не только будет содержать в себе все положительное из ранее высказанных гипотез, но и откроет возможность более глубокого проникновения в специфику пространственно-временных отношений в микромире. Если встать на точку зрения, «что квантовая теория является по существу частным случаем абстрактной теории движения информации — именно теорией движения информации о микрообъектах или, как еще можно сказать, наукой об изменении знаний о микрообъектах»<sup>69</sup>, то можно высказать предположение, что применение

<sup>69</sup> Ю. М. Ламсадзе, А. Е. Ковальчук, И. Ю. Кривский. К проблеме понимания процесса измерения в квантовой теории. Сб. «Методологические проблемы теории измерений». Киев, 1966, стр. 104.

методов теории информации в квантовой теории не окажется бесперспективным, в частности, в вопросе выяснения специфики пространственно-временных отношений в микромире. Это предположение подкрепляется в какой-то степени теми перспективами, которые открываются при соответствующем истолковании результата применения теоремы Котельникова к волновой функции в квантовой механике и которые, видимо, ведут к синтезу ранее высказанных идей и к установлению взаимосвязи между ранее предположенными гипотезами, касающимися пересмотра пространственно-временных отношений в микромире.

## 6. Гипотезы квантования пространства и времени и проблема единства непрерывности и дискретности

Трудность проблемы пространства и времени микромира, породившая множество различных гипотез и предположений, вызвала множество разноречивых представлений о соотношении прерывности и непрерывности пространства и времени в этой области явлений. Приведем некоторые точки зрения по этому вопросу. А. Эддингтон писал: «Для состояний, характеризуемых небольшими квантовыми числами, обычная физическая терминология оказывается непригодной и пользование ею (без чего сейчас нельзя обойтись) ведет к ряду противоречий. Для таких состояний пространство и время не существуют,—по крайней мере у меня нет никаких оснований предполагать их существование»<sup>70</sup>. Стало быть, согласно Эддингтону, проблема соотношения прерывности и непрерывности пространства и времени микромира разрешается довольно просто: ее вообще не существует, поскольку не существуют сами пространство и время в микромире.

В. Гейзенберг же придерживался иной точки зрения: «В то время, как предмет классической физики составляли объективные события в пространстве и времени, для существования которых наблюдения не имеют значения, квантовая теория рассматривает такие процессы, которые, так сказать, вспыхивают в момент наблюдения и в применении к которым бессмысленны наглядные физические высказывания об интервалах между наблюдениями»<sup>71</sup>.

<sup>70</sup> А. Эддингтон. Относительность и кванты. ГТТИ, 1933, стр. 119.

<sup>71</sup> W. Heisenberg. Atomtheorie und Naturerkenntnis. „Mitt. Univ. Bundes Hörfungen“, XVI, I, 1924.

Следовательно, придерживаясь этой точки зрения, нужно признать, что микрообъекты существуют только в момент наблюдения и что между двумя такими моментами время не существует. Следовательно, и не существует проблемы соотношения прерывности и непрерывности, во всяком случае, в отношении времени.

Несколько раньше В. Гейзенберг писал: «Квантовая механика прямо возникла из опыта, чтобы разрушить обычные кинематические понятия и на их место поставить отношения, например, чисел, полученных из эксперимента. Поскольку это кажется достигнутым, математическая схема квантовой механики не нуждается ни в какой ревизии. Также мало будет необходима ревизия пространственно-временной геометрии для малых пространств и времени, ибо мы посредством выбора достаточно тяжелых масс можем любым образом приблизить квантово-механические законы к классическим, даже если речь идет о еще более малых пространствах и времени»<sup>72</sup>.

Согласно этой точке зрения, пространство и время микромира должно быть классическим, чисто непрерывным пространством и временем. Однако в дальнейшем В. Гейзенберг отказался от таких представлений в связи с гипотезой «минимальной длины», которую, как он считает, необходимо ввести в теорию. Такая эволюция взглядов на пространство и время микромира одного из крупнейших современных физиков сама по себе говорит о сложности проблемы.

А. Пуанкаре в «Последних мыслях» приходит к идее прерывного течения времени. По его мнению, физическая система переходит из одного состояния в другое скачками, т. е. проявляет свои изменения только в отдельные моменты времени. В промежутках между этими моментами другие моменты времени неразличимы. Следовательно, А. Пуанкаре признавал непрерывность времени. Проявлением же этой непрерывности являются отдельные дискретные моменты. Время, согласно этой точке зрения, является единством прерывности и непрерывности.

Совершенно иную точку зрения высказывал Т. Сведберг: «Если допустить гипотезу, что в лучистом равновесии существует конечное число состояний, то это влечет за собой следствие, что каждая система может быть в конечном числе состояний. Переход от одного состояния к другому происходит скачком, без промежуточных стадий. Время мы измеряем, на-

---

<sup>72</sup> W. Heisenberg. Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik. „Zeitschrift für Physik“, 43, 172, 1927.

блюдая периодические изменения подходящей системы. Если эти изменения происходят скачками, то и время прерывно; оно существует только в те мгновения, когда во вселенной происходят изменения, но так как она, как всякая физическая система, располагает только конечным числом состояний, то время должно течь толчками. В «промежутках» времени не будет»<sup>73</sup>.

С точки зрения первоначальной гипотезы В. Амбарцумяна и Д. Иваненко, пространство и время представляют собой четырехмерную решетку точек. Согласно Марху, микропространство является прерывным и одновременно статистически непрерывным. По Ван Данцигу, процессы, находящиеся в пределах квантов пространства и времени, принципиально ненаблюдаемы. Снайдер придерживается той точки зрения, что время в микромире является чисто непрерывным, а пространство не является непрерывным одновременно по всем трем координатным осям. По гипотезе Коиша — Шапиро пространство и время в микромире представляет собой кубическую решетку точек и является чисто прерывными. Идею чистой дискретности микропространства разделяет и академик И. Е. Тамм: «В последнее время, — пишет И. Е. Тамм, — развитие квантовой физики поставило по-новому вопрос о пространстве и времени в микрокосме. Пока можно, конечно, только гадать о том, как разрешится этот вопрос, но мне представляется весьма вероятным, что в микроскопических масштабах пространство дискретно...»<sup>74</sup> Точка зрения приверженцев нелокальных теорий сводится к тому, что понятия точки пространства и мгновения времени лишены физического смысла, а имеют смысл лишь соответствующие области, т. е. «физические» точки пространства и времени. С точки зрения соображений, развитых нами выше, пространство и время микромира одновременно прерывны и непрерывны.

Постараемся разобраться в этом пестром многообразии мнений. Прежде всего, существуют ли сами микрочастицы и их пространственно-временные отношения объективно, независимо от того, наблюдаем мы их или нет? Или, быть может, они порождаются приборами, с помощью которых мы изучаем микромир? Может быть, пространство и время микромира являются такими же «приборными реальностями», как и сами микрообъекты?

<sup>73</sup> Т. Сведберг, *Вырождение энергии*. Пер. под ред. профессора Н. П. Кастирина. М.—Л., Госиздат, 1927, стр. 112—113.

<sup>74</sup> И. Е. Тамм, А. Эйнштейн и современная физика. УФН, 1956, т. LIX, вып. 1, стр. 9.

Следует со всей определенностью подчеркнуть, что попытки игнорировать вопрос о соотношении непрерывности и дискретности пространства и времени в микромире, ссылаясь на их якобы «приборный» характер, лишены всяких оснований. Признание микрообъектов в качестве объективной реальности<sup>75</sup> с необходимостью приводит к признанию объективной реальности пространства и времени микромира.

Как мы видели в первой главе, представления о непрерывности и дискретности пространства и времени, развитые диалектико-материалистической философией на основе закона меры, настолько всеобъемлющи, что одинаково справедливы как в макро-, так и в микромире. Что касается микромира, то эти представления оформляются в следующую картину.

Наиболее общее понятие непрерывности и дискретности пространства и времени микромира совпадает с понятием их абсолютности и относительности. Поскольку пространство и время микромира являются всеобщими, непреложными формами существования микрообъектов, постольку они являются абсолютными и в этом смысле непрерывными, ибо они непрерывно, всегда и везде, без каких-либо исключений «сопровождают» существование микрообъектов. При этом пространство и время микромира, будучи формами существования микрообъектов, обусловлены в своей природе, сущности и свойствах своим содержанием — самими микрообъектами. Многообразие качественно различающихся микрообъектов порождает и многообразие качественно различных пространственно-временных форм их существования. А в этом как раз и состоит относительность пространства и времени микромира. Но в этом также обнаруживается и дискретность пространственно-временных форм микромира как качественно различных форм существования микрообъектов. Таким образом, абсолютность и относительность пространственно-временных форм микромира выражает вместе с тем и их непрерывность и дискретность, что выступает в форме непрерывного рядоположения конкретных пространственно-временных структур микрообъектов. Понимаемое таким образом единство свойств непрерывности и дискретности у пространственно-временных структур микрообъектов неразрывно связано с законом меры, поскольку, как уже отмечалось, с этим законом связаны абсолютность и относительность пространства и времени микрообъектов.

---

<sup>75</sup> См. М. Э. Омеляновский. Философские вопросы квантовой механики. М., Изд-во АН СССР, 1956, стр. 46; Он же. Диалектический материализм и проблема реальности в квантовой физике. Сб. «Философские вопросы современной физики». М., Изд-во АН СССР, 1959.

При этом, однако, и любая конкретная пространственно-временная структура любого конкретного микрообъекта одновременно непрерывна и дискретна. Действительно, любая конкретная пространственно-временная структура является формой существования конкретного микрообъекта. Но в любом таком микрообъекте происходят определенные количественные изменения, обусловленные внутренними движениями и взаимодействием данного микрообъекта с другими микро- и макрообъектами. Непрерывность данного микрообъекта означает не что иное, как сохранение этим микрообъектом данного состояния при определенных количественных изменениях. Но понимаемая таким образом непрерывность микрообъекта сопровождается и непрерывностью (т. е. неизменностью) пространственно-временной формы его существования. Однако рано или поздно в силу закона меры количественные изменения приведут к изменению состояния микрообъекта или его превращению. А это значит разрыв прежней непрерывности. Качественное разнообразие возможных состояний данного микрообъекта, вообще говоря, вносит и прерывные градации в пространственно-временные формы его существования. Более того, пространственно-временная форма любого конкретного микрообъекта, сохраняясь как таковая и в этом смысле будучи непрерывной, вместе с тем выступает как «смонтированная» из отдельных качественно различных пространственно-временных форм существования отдельных структурных элементов, являющихся носителями внутренних движений микрообъекта, и, следовательно, обладает, некоторой дискретной структурой. Возражением против такого понимания единства прерывности и непрерывности пространственно-временных форм микрообъектов не может быть указание на возможность бесконечно долгого существования себестождественного микрообъекта, такого, например, как фотон. Бесконечно большое время жизни фотона — это лишь полезная абстракция. На самом деле фотон никогда не бывает свободным, но находится во взаимодействии с другими микрочастицами. И в процессе этого взаимодействия он рано или поздно превратится в пару частица — античастица.

Другими словами, непрерывность и дискретность пространственно-временных форм микрообъектов проявляется в противоречивости самих микрообъектов и пространственно-временных форм их существования. В самом деле, любой микрообъект всегда находится в процессе непрерывных количественных изменений, которые приводят к различным состояниям микрообъекта. Однако эти изменения происходят в рам-



ках определенной меры, характерной для каждого конкретного микрообъекта. Выполнимость же диалектического закона меры предполагает моменты устойчивости, пребывания в определенном состоянии. Следовательно, всякий микрообъект выступает как единство устойчивости и изменчивости. В этом и состоит его противоречивость. Но устойчивость и изменчивость микрообъекта сопровождается устойчивостью и изменчивостью пространственно-временной формы его существования. В проявлении же моментов устойчивости и изменчивости в сущности и свойствах пространства и времени микрообъекта как раз и состоит противоречивость пространственно-временной формы его существования. Но в этом и состоит ее непрерывность и дискретность.

После сказанного можно обнаружить, что ни одна из выдвигаемых гипотез квантованного пространства и времени не колеблет и не отвергает только что отмеченного понимания единства свойств непрерывности и дискретности пространственно-временных форм микрообъектов. Действительно, гипотезы квантованного пространства и времени выдвигаются с целью объяснения пространственно-временного поведения отдельного (абстрактно свободного) микрообъекта, который сохраняет свою индивидуальность. Но микрообъект, сохраняющий свою индивидуальность, может находиться в различных состояниях, каждому из которых будет соответствовать своя пространственно-временная структура, сохраняющаяся в течение определенного времени. Но сохраняемость и сменяемость этих структур как раз и составляет содержание понятия непрерывности и прерывности пространства и времени, отмеченного выше. Если с точки зрения представлений, господствующих в современной квантовой теории, пространственно-временные формы существования микрообъектов, сохраняющих свою индивидуальность, являются непрерывными в структурном отношении, то гипотезы квантованного пространства и времени, как и нелокальные теории, поднимают вопрос о характере структуры этих форм, фактически не отвергая при этом представления об единстве у них свойств непрерывности и дискретности, понимаемых в смысле диалектического закона меры. Попытки же выявить характер структуры пространственно-временных форм микрообъектов, как это ясно из рассмотренных выше гипотез, можно разделить на два класса.

К одному классу этих попыток относится выявление некоторых дискретных элементов внутри пространственно-временного континуума. К другому классу относятся попытки отбросить представление о континуальной природе пространствен-

но-временных форм микрообъектов и утвердить представление о их чистой дискретности. Единственно верным, с нашей точки зрения, является первый класс попыток. Обоснованию этой точки зрения посвящен следующий раздел.

## 7. Метрика индивидуальных Пространственно-Временных структур микрообъектов

Выше было показано, что понимание пространства и времени как совокупности определенных свойств, отношений и состояний материальных объектов, конкретизируя формулу Ф. Энгельса «пространство и время — формы бытия материи», позволяет наметить пути выявления таких свойств пространства и времени, которые остаются в тени без подобной конкретизации. В частности, открываются новые возможности в освещении проблемы соотношения непрерывности и дискретности пространства и времени.

С точки зрения этих возможностей и в соответствии с интересующей нас темой представляет интерес конкретизировать общие соображения, развитые выше, применительно к микрообъектам. Но для этого необходимо знать выражение метрики пространства — времени микрообъекта через его характеристики, что, к сожалению, нам пока не известно. Единственно, что мы можем сделать, это рассмотреть ту или иную гипотезу, касающуюся проблемы пространства и времени микромира, с точки зрения изложенных выше соображений. Остановимся на гипотезе о связи корпускулярно-волновых свойств микрообъектов со свойствами их пространственно-временных отношений (см. стр. 101—116). При этом мы ограничимся лишь некоторыми общими замечаниями, которые можно рассматривать как часть программы более детального анализа проблемы.

Прежде всего следует заметить, что в рамках рассматриваемой нами гипотезы мы не можем сравнивать фазы развития метрики индивидуального Пространства—Времени микрообъекта, так как она явно не зависит от времени. Мы можем, однако, сравнить метрики двух и более индивидуальных пространственно-временных структур микрообъектов (см. формулу 26) или Пространственно-Временные метрики одного и того же микрообъекта, находящегося в состояниях с различающимися импульсом и энергией. Совершенно ясно, что для такого микрообъекта можно построить одоно-хронограмму его метрики, если сравнивать множество возможных состояний этого микрообъекта и метрики, соответствующие этим состояниям. При этом необходимо, конечно, знать время перехода микро-

объекта из одного состояния в другое, чего, однако, не позволяет сделать современная квантовая теория, так как она рассматривает состояния микрообъектов как уже данные. Это обстоятельство, видимо, следует отнести к недостаткам теории. При сравнении же одоно-хронограмм метрик индивидуальных Пространственно-Временных структур микрообъектов не исключена возможность явления метрической одоно-хроноизомерии (см. стр. 49—70).

Но если возможно говорить о метрической одоно-хроноизомерии микрообъектов, то, очевидно, возможно говорить и об изомерии компонент метрики индивидуальных Пространственно-Временных структур микрообъектов. Можно показать, что в случае двух микрообъектов все возможные типы одоно-хроноизомерии компонент метрики этих объектов легко сгруппировать в 7 классов в зависимости от числа компонент, между которыми наблюдается одоно-хроноизомерия:

1 класс — одоно-хроноизомерия	каких-либо	2 компонент
2 » —	»	3 »
3 » —	»	4 »
4 » —	»	5 »
5 » —	»	6 »
6 » —	»	7 »
7 » — одоно-хроноизомерия	всех	8 »

При этом в пределах каждого класса наблюдается своеобразная «тонкая структура», определяющаяся количеством одоно-хроноизомер, принадлежащих к данному классу. Назовем каждую одоно-хроноизомеру данного класса уровнем «тонкой структуры» этого класса. Обнаруживается следующее распределение уровней между различными классами одоно-хроноизомерии компонент метрики пространственно-временных структур двух микрообъектов:

1 класс — 16 уровней
2 » — 48 »
3 » — 60 »
4 » — 44 »
5 » — 24 »
6 » — 3 »
7 » — 1 »

Как будет показано ниже, с точки зрения гипотезы о связи корпускулярно-волновых свойств микрообъектов со свойствами их пространственно-временных структур имеются некоторые основания считать, что определенный тип взаимодействия между «элементарными» частицами связан с определенным характером соотношения между компонентами  $l_{0x}$ ,  $l_{0y}$ ,  $l_{0z}$ ,  $t_0$

метрику пространственно-временных структур этих частиц. Поэтому возникает вопрос, проявляется ли каким-то образом при взаимодействиях микрообъектов «тонкая структура» одонохроноизомер каждого из 7 классов и какому типу взаимодействий соответствует каждый класс одонохроноизомерии компонент метрики микрообъектов. Этот вопрос еще ждет своего разрешения. Сейчас же мы можем только предполагать, что положительное решение этого вопроса, быть может, позволит обнаружить существование в природе новых типов взаимодействия микрообъектов, отличных от слабых, гравитационных, электромагнитных и сильных взаимодействий и тем самым приоткроет еще одну завесу над тайнами микромира.

Видимо, представляет интерес исследовать явления одонохронополиморфизма (метрического и «компонентного»), равенства, метрического и «компонентного» подобия, неравенства пространственно-временных структур микрообъектов, исходя из определенной гипотезы, касающейся проблемы пространства и времени микромира. Можно думать, что такое исследование могло бы выявить достоинства и недостатки той или иной гипотезы и тем самым способствовать прогрессу в решении указанной проблемы. Однако такое исследование может составить предмет особой работы, носящей характер специального физического исследования (хотя, конечно, не без философской проблематики). Понятно, что мы не можем останавливаться здесь на этих вопросах. Хотелось бы только обратить внимание на возможность и желательность подобных исследований и подчеркнуть особо, что подобного рода исследования фактически будут направлены на решение теоретической проблемы № 1 — проблемы единства непрерывного и дискретного в концепции пространства и времени микромира.

---

---

### Глава III

## НЕПРЕРЫВНО-ДИСКРЕТНЫЕ ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ МИКРООБЪЕКТОВ И ПРИЧИННОСТЬ

### I. Характер пространственно-временной структуры цепей причинения

Всякий реальный микрообъект всегда является связанным, т. е. всегда в той или иной степени находится во взаимодействии с другими микро- или макрообъектами и полями. И это взаимодействие неизбежно приводит к тому, что рано или поздно состояние микрообъекта изменится. Если какое-либо конкретное состояние микрообъекта характеризуется определенными конкретными значениями набора (пусть даже бесконечного) каких-то параметров, то это значит, что рано или поздно значение хотя бы одного из них изменится. Но это, однако, не обязательно приводит к тому, что микрообъект перестает быть самим собой. Например, какая-либо элементарная частица при варьировании ее энергии в достаточно широких пределах (изменение параметра) остается сама собой до тех пор, пока не превращается в другую (или другие). Иными словами, себестождественность микрообъекта не исключает возможности изменения его состояний в определенных пределах в результате внутренних движений и взаимодействия этого микрообъекта с другими объектами. Однако, поскольку мы пришли к необходимости пользоваться понятием «состояние объекта», необходимо уточнить тот смысл, который мы вкладываем в это понятие.

Мы будем пользоваться тем определенным состоянием материального объекта, которое дается Г. А. Свечниковым: «Под

состоянием вещи в данный момент понимается совокупность качественных и количественных определенностей этой вещи<sup>1</sup>. Следовательно, для того, чтобы характеризовать состояние данного микрообъекта как материальной вещи, необходимо знать его количественную определенность (поскольку микрообъект является *данным*, постольку он уже охарактеризован качественной определенностью). Количественная же определенность материальной вещи, в частности микрообъекта, выражается через посредство численных значений некоторых параметров, характеризующих данную вещь. Физическая природа этих параметров определяется природой самой материальной вещи, а количество параметров, численное значение которых необходимо знать для характеристики состояния этой вещи, определяется тем уровнем, с точки зрения которого мы подходим к изучению данного материального объекта (макроскопический, микроскопический, квантовомеханический, субквантовомеханический и т. д.).

Из определения состояния материального объекта нетрудно усмотреть глубокую связь между состояниями этого объекта и его мерой. Действительно, если мера данного материального объекта есть единство качественной и количественной определенностей этого объекта, то можно сказать, что мера данного материального объекта есть все множество тех состояний этого объекта, в которых он может находиться. Следовательно, связь состояний материального объекта с его мерой в самых общих чертах заключается в том, что возможные состояния этого объекта ограничены законом меры. Обращая внимание на те состояния материального объекта, которые находятся на границе меры этого объекта, мы прежде всего должны заметить скачкообразный характер изменения данных состояний. Эта особенность «граничных» состояний порождает нетривиальный вопрос: не является ли скачкообразность наиболее общей чертой изменения состояний материальных объектов, независимо от того, лежат ли эти состояния внутри области меры или на ее границе? (Заметим попутно, что область меры может быть представлена некоторым объемом в многомерном или бесконечномерном конфигурационном пространстве параметров состояний объекта.) Поскольку закон меры справедлив как в области макро-, так и в области микромира, то ответа на поставленный выше вопрос можно искать как в той, так и в другой области. Однако нижеследующее соображение определит наш выбор.

---

<sup>1</sup> Г. А. Свечников. Категория причинности в физике. М., Соцэкгиз, 1961, стр. 90.

С точки зрения данного выше определения состояния материального объекта следует, что состояния любого данного макросубъекта в принципе можно однозначно выразить через состояния микросубъектов, являющихся структурными элементами данного макросубъекта. Следовательно, характер изменения состояний микросубъектов однозначно определяет характер изменения состояний макросубъектов. Поэтому мы и обратимся к выяснению характера изменения состояний микросубъектов.

Поскольку изменения состояний микросубъекта могут быть обусловлены или внешними воздействиями, преломленными через внутреннюю природу микросубъекта, или взаимодействием структурных элементов микросубъекта, или всем комплексом этих взаимодействий, постольку следует признать, что всякое изменение состояния микросубъекта имеет свою причину. Поэтому изменившееся состояние микросубъекта нужно рассматривать как следствие некоторых причин. Но всякая причина и всякое следствие — это прежде всего материальный объект, существующий в пространстве и во времени.

Как известно, одной из особенностей пространственно-временной структуры причинно-следственных связей (цепей причинения) является то, что «причинность, цепи причинения обладают пространственной и временной непрерывностью. Все причины и следствия, служащие звеньями таких цепей, являются смежными в пространстве и времени»<sup>2</sup>. Эта особенность отражает континуальный характер пространственно-временной структуры цепей причинения и проистекает из закона сохранения материи и движения. Понятием пространственно-временного перемещения материи не исчерпывается полностью понятие движения материи. Следовательно, движение в применении к микросубъектам — это, в частности, изменение их состояний. Поэтому мы вправе ожидать, что выяснение характера изменения состояний микросубъектов позволит нам еще глубже проникнуть в понимание характера пространственно-временной структуры цепей причинения в области физических явлений. Поэтому мы и обратимся к рассмотрению вопроса о характере изменения состояний микросубъектов.

Представим себе некоторый совершенно свободный (изолированный от других объектов и полей) микросубъект  $A$ . Состояние такого микросубъекта обозначим как  $1$ . Пусть оно характеризуется некоторыми значениями  $n_{1i}$  ( $i=0, 1, 2, \dots$ ) набора

---

<sup>2</sup> И. В. Кузнецов. Принцип причинности и его роль в познании природы, стр. 52.

некоторых параметров. Будем для простоты (что не нарушит общности рассуждений) считать данный микрообъект точечным, находящимся в некоторой точке  $x_2$  на оси  $x$ . Пусть далее в некоторый момент времени  $t_1$  в некоторой точке  $x_1 < x_2$  «возник» некоторый другой микрообъект  $B$ . Через промежуток времени  $\Delta t = \frac{x_2 - x_1}{c}$ , где  $c$  — скорость распространения поля, фронт поля этого микрообъекта дойдет до микрообъекта  $A$ , в результате чего микрообъекты начнут взаимодействовать, что приведет к изменению состояний микрообъектов  $A$  и  $B$ .

Пусть новое состояние микрообъекта  $A$  будет 2, которое характеризуется некоторыми значениями  $n_{2i}$  ( $i=0, 1, 2, \dots$ ) набора некоторых параметров. Однако среди этих параметров обязательно будут имеющие одинаковую физическую природу с некоторыми из параметров  $n_{1i}$  (например, энергия, импульс, масса). В звене этого взаимодействия микрообъект  $B$  выступает как причина изменения состояния микрообъекта  $A$ , выступающего как следствие. Но объективная природа причинно-следственных связей такова, что она не может осуществляться без переноса материи по цепям причинения. Это значит, что состояние 2 микрообъекта  $A$  будет отличаться от состояния 1.) Будем для простоты считать, что отличие состояния 2 от состояния 1 свелось к тому, что изменилось значение лишь одного параметра, скажем  $n_{11}$ , которое стало равным  $n_{21}$ , значения же остальных параметров остались неизменными и к ним не прибавилось новых. Возникает вопрос, через какой промежуток времени  $T$  состояние микрообъекта  $A$  изменилось с 1 до 2 после того, как «появилась» причина  $B$ , приведшая к изменению этого состояния?

Прежде всего, ясно, что до тех пор, пока фронт поля микрообъекта  $B$  не достиг точечного микрообъекта  $A$ , последний не мог изменить своего состояния. Следовательно,  $T \geq \Delta t$ . Непосредственное действие микрообъекта  $B$  микрообъект  $A$  начинает испытывать в момент времени  $t_2 = t_1 + \Delta t$ . Такое действие микрообъекта  $B$  проявляется в нашем случае в том, что в микрообъекте  $A$  начинают происходить некоторые количественные изменения, приводящие в конечном счете к изменению параметра  $n_{11}$  до значения  $n_{21}$ . Может ли мгновенно произойти такое изменение? На этот вопрос следует ответить отрицательно. В самом деле, если бы такое изменение могло произойти мгновенно, то это означало бы, что в момент времени  $t_2$  микрообъект  $A$  характеризовался бы двумя различными значениями одного и того же параметра, т. е. значениями  $n_{11}$  и  $n_{21}$ . Но поскольку предполагается, что все остальные пара-



метры остаются неизменными, это означало бы, что в момент времени  $t_2$  микрообъект  $A$  находится в двух различных состояниях. Но такое заключение противоречит представлению о качественной определенности микрообъекта и ведет к признанию существования вне временных процессов, что недопустимо. Поэтому его следует отбросить. Но тем самым мы даем отрицательный ответ на поставленный выше вопрос. А это значит, что мы должны признать, что с момента времени  $t_2$  должен пройти еще некоторый промежуток времени  $\delta t$ , прежде чем  $n_{11}$  изменится до значения  $n_{21}$  при условии, что действие причины не прекращается.

Этот промежуток будет определяться природой как микрообъекта  $A$ , так и микрообъекта  $B$  и характером взаимодействия, происходящего между ними. Величина этого промежутка может быть очень малой, но всегда конечной и отличной от нуля. Если же действие микрообъекта  $B$  вызывает изменение сразу многих (или всех) параметров микрообъекта  $A$  (что, видимо, происходит в реальных случаях), то среди этих изменений обязательно найдется такое, которое произойдет раньше других. Следовательно, и в этом случае, начиная с момента времени  $t_2$ , переход микрообъекта  $A$  из одного состояния в другое произойдет не быстрее, чем через некоторое время  $\delta t$  начала действия причины. Так как мы считаем микрообъекты  $A$  и  $B$  точечными, то могли бы рассматривать случай, когда  $x_1 = x_2$ , т. е. когда причина и следствие находятся в одной точке. В таком случае мы пришли бы к заключению, что следствие может появиться лишь через некоторый промежуток времени  $\delta t$  после начала действия причины.

Во избежание возможных недоразумений следует особо подчеркнуть, что решение вопроса о временном соотношении между причиной и следствием прежде всего зависит от того, что понимается под следствием. Именно это обстоятельство порождает две противоположные точки зрения: согласно одной из них, причина всегда предшествует следствию<sup>3</sup>, согласно другой — причина и следствие одновременны<sup>4</sup>. Наше же ут-

<sup>3</sup> М. А. Леонов. Очерк диалектического материализма М., Госполитиздат, 1948, стр. 140; В. И. Тугаринов. Законы объективного мира, их познание и использование. Л., Изд-во ЛГУ, 1954, стр. 49; В. И. Свидерский. Противоречивость движения и ее проявления. Л., Изд-во ЛГУ, 1959, стр. 42.

<sup>4</sup> И. Кант. Сочинения в шести томах, т. 3, М., «Мысль», 1964, стр. 268—269; А. И. Уемов. О временном соотношении между причиной и действием. Борьба против индетерминизма в квантовой механике и временное соотношение причины и действия. «Уч. зап. Ивановского гос. пед. ин-та», 1960, т. XXV, вып. 1, стр. 7.

верждение о разделенности во времени причины и следствия основывается на том, что причину мы относим к моменту начала ее действия (в наших рассуждениях — к моменту  $t_2$ ), а следствие — к моменту завершения его возникновения (в наших рассуждениях — к моменту, когда параметр  $n_{11}$  уже изменился до значения  $n_{21}$ ). Сделанное выше заключение можно передать словами Г. А. Свечникова: «Продолжительность действия причины и продолжительность возникновения следствия в этом виде причинности совпадают и равны промежутку времени между началом взаимодействия и моментом, когда завершается становление следствия. Этот промежуток времени разный для различных взаимодействий, но для каждого определенного изменения вещи он конечен... В этом случае можно говорить, что причина предшествует своему следствию, если условно относить время причины к начальному моменту, приурочивая причину (взаимодействие) к началу процесса, а время следствия к тому моменту, когда оно уже как-то проявилось»<sup>5</sup>.

Таким образом, мы приходим к выводу, что в элементарном акте порождения причиной следствия последнее появляется не сразу же после начала действия причины, но лишь через некоторый промежуток времени  $\delta t$ , в течение которого причина как бы аккумулируется в следствии. Процесс аккумуляции следствием причины является необходимым проявлением свойства инерции, присущего любому виду движения и являющегося отрицательным выражением неуничтожимости материи и ее движения. Такой вывод без труда может быть обобщен на случай действия нескольких причин и нескольких порождаемых ими следствий.

Между прочим, любопытно следующее обстоятельство. Разделенность во времени причины и следствия, выступая, с одной стороны, как проявление свойства инерции, присущего любому виду движения, с другой стороны, выражает не что иное, как скачкообразность изменения состояний микрообъектов, которые (состояния) связаны с законом меры. Такое положение дел, видимо, указывает на то, что закон меры следует толковать как одно из следствий свойств инерции.

Только что сделанный вывод о временной разделенности причины и следствия не следует понимать так, что следствие появляется через промежуток времени  $\delta t$  после того, как прекратилось действие причины. Попытку именно такого толкования разделенности во времени причины и следствия мы

<sup>5</sup> Г. А. Свечников. Указ. соч., стр. 110.

находим в работе Н. А. Козырева «Причинная или несимметричная механика в линейном приближении» (Пулково, 1958). Несостоятельность такой трактовки временной разделенности причины и следствия очевидна. Поскольку всякая причина и следствие представляют собой некоторые материальные процессы, то возможность появления следствия через некоторый промежуток времени после прекращения действования причины означала бы возможность возникновения некоторого материального процесса из ничего. Но такое чудо могло бы произойти никак иначе, как при участии сверхъестественной силы.

Вышеизложенное рассуждение, приведшее нас к заключению о том, что в определенном смысле можно говорить о временной разделенности причины и следствия, основано на том представлении, что порождение следствия причиной происходит только в результате переноса материи от причины к следствию. Факт же неуничтожимости и несотворимости материи приводит к признанию того, что такой перенос материи может быть только непрерывным во времени, что, в свою очередь, ведет к признанию временной непрерывности цепей причинения. Однако представление о временной непрерывности цепей причинения должно быть дополнено представлением о их временной дискретности, проявляющейся во временной разделенности причин и следствий в отмеченном выше смысле (но не по Н. А. Козыреву). Иными словами, за временной структурой цепей причинения следует признать дискретно-непрерывный характер: непрерывно действующая во времени причина порождает следствие (в указанном выше смысле) лишь через конечный промежуток времени. Представление о чистой временной непрерывности цепей причинения односторонне и недостаточно; представление же о чистой временной дискретности этих цепей в корне неверно.

Какова же с этой точки зрения пространственная структура цепей причинения? Для выяснения этого вопроса обратимся снова к рассмотрению микрообъекта  $A$ . Находясь в состоянии 1, микрообъект  $A$  характеризовался некоторой пространственной формой  $P_1$  существования. Не вдаваясь пока в вопрос о том, какова структура этой формы — непрерывная или квантованная, — будем считать, что в пространстве  $P_1$  задана метрика  $DS_1$  (как мы выяснили выше, метрические свойства всегда присущи пространству). При переходе микрообъекта  $A$  из состояния 1 в состояние 2 пространство  $P_1$  перейдет в некоторое другое пространство  $P_2$ , которое будет характеризоваться метрикой  $DS_2$ . Поскольку переход микрообъекта  $A$  из состояния 1 в состояние 2 произойдет не раньше, чем через

промежуток времени  $\delta t$  после начала действия причины, то и пространство  $P_1$  перейдет в пространство  $P_2$  не раньше, чем через такой же промежуток времени. При таком переходе метрика пространства изменится на  $\delta S = DS_2 - DS_1$ . Очевидно, величина  $\delta S$  может быть очень малой, но конечной и отличной от нуля (равенство  $\delta S$  нулю противоречит пониманию пространства как формы существования материи и представлению об определяющей роли последней в формировании пространственно-временных форм ее существования). Так же, как и  $\delta t$ , величина  $\delta S$  зависит от природы самого микрообъекта  $A$  и действующей на него причины  $B$ , а также от характера этого взаимодействия. Величина  $\delta S$  характеризует «деформацию» пространства микрообъекта, т. е. как бы сдвиг тех точек пространства, расстояние между которыми определяет метрику. Видимо, отношение  $\delta S / \delta t = c_2$  можно назвать скоростью изменения метрики пространства микрообъекта.

Изменение метрики пространства микрообъекта  $A$  на величину  $\delta S$  произошло в результате переноса материи от причины к следствию. Как уже было сказано, этот перенос непрерывен во времени. Но в силу несотворимости и неуничтожимости материи этот перенос материи с необходимостью непрерывен и в пространстве. Это значит, что пока микрообъект  $A$  находился в состоянии 1, материя переносилась от объекта  $B$  (причина) к  $A$  в пространстве  $P_1$ , проходя непрерывно все точки этого пространства, находящиеся между объектами  $A$  и  $B$ . Но после того, как микрообъект  $A$  перешел в состояние 2, материя от причины  $B$  стала переноситься к объекту  $A$  уже в пространстве  $P_2$ , так же проходя непрерывно все точки этого пространства, находящиеся между  $A$  и  $B$ . При этом, конечно, и сам микрообъект  $B$  будет находиться в некотором другом состоянии, т. е. испытает обратное действие микрообъекта  $A$ . Однако в отношении микрообъекта  $B$  можно повторить все рассуждения, как и в отношении микрообъекта  $A$ . Мы этого не будем делать, так как это ничего принципиально нового не обнаруживает.

Таким образом, мы видим, что после каждого элементарного акта порождения причиной следствия пространственно-временная форма существования как причины, так и следствия (у нас объектов  $A$  и  $B$ ) изменяется скачком. В каждой из этих пространственно-временных форм устанавливается определенная цепь причинения, которая с необходимостью является непрерывной в пространстве и во времени. Поскольку полная цепь причинения складывается из многих (если не из бесконечно многих) таких элементарных актов, постольку в отношении цепей причинения следует сказать, что представление

об их чистой пространственной и временной непрерывности является, видимо, односторонним и должно быть дополнено представлением об их пространственной и временной дискретности. Другими словами, за пространственно-временной структурой цепей причинения следует признать непрерывно-дискретный характер.

Естественно может возникнуть вопрос, не является ли рассмотренный выше пример взаимодействия двух микрообъектов слишком частным, чтобы из него делать общий вывод о непрерывно-дискретном характере пространственно-временной структуры цепей причинения? Однако нетрудно показать, что рассмотрение случая взаимодействия нескольких (многих) микрообъектов приводит к такому же выводу. Более того, признавая наличие внутренних движений у любого, даже изолированного (если бы это вообще было возможно), микрообъекта, мы обязаны признать наличие у такого микрообъекта структурных элементов, находящихся во взаимодействии. Проводя в отношении взаимодействующих структурных элементов рассуждения, аналогичные тем, которые были приведены в отношении двух взаимодействующих микрообъектов, мы вновь приходим к выводу о скачкообразном характере изменения состояний микрообъекта (спонтанные изменения состояний) и непрерывно-дискретном характере пространственно-временной структуры цепей причинения, устанавливающихся между структурными элементами «внутри» самого микрообъекта. Поскольку же всякое изменение состояния микрообъекта так или иначе сводится к одному или обоим из двух случаев (взаимодействие микрообъектов и взаимодействие структурных элементов микрообъекта), постольку рассмотренный выше частный пример взаимодействия двух микрообъектов обладает силой общности.

Современная физика микромира, однако, еще не пользуется представлением о непрерывно-дискретном характере пространственно-временной структуры цепей причинения. И такое положение является следствием того, что в современной микрофизике еще не существует теории пространства и времени, последовательно учитывающей их внутренне противоречивую природу. Видимо, лишь будущая теория пространства — времени микромира органически соединит в самой своей основе представление о существовании дискретных элементов у пространства — времени и у пространственно-временной структуры цепей причинения.

В этой связи небезынтересно отметить то обстоятельство, что приведенные выше соображения о характере простран-

ственно-временной структуры цепей причинения, как нам представляется, дают возможность иного истолкования исходных идей Н. А. Козырева, касающихся так называемой «причинной механики». В самом деле, включение в теорию величин  $\delta t$  и  $\delta S$  представляется не только возможным, но необходимым, если мы желаем глубже проникнуть в механизм причинно-следственных отношений в области микромира. Очень похоже, что «причинная механика» Н. А. Козырева представляет собой своеобразную, хотя и неадекватно истолкованную попытку вскрыть в пространственной и временной непрерывности цепей причинения элементы дискретности. Действительно, если под  $\delta t$  и  $\delta S$ , фигурирующими в его теории, понимать соответственно  $\delta t$  и  $\delta S$ , принятые в наших рассуждениях, то исходные идеи «причинной механики» будут вполне приемлемыми. В таком случае величина  $C_2 = \delta S / \delta t$  должна быть истолкована не как скорость превращения причины в следствие (как это делается у Н. А. Козырева), а как скорость изменения метрики микропространства. При этом величина  $C_2$ , как мы выяснили выше, зависит от природы как причины, так и следствия, и от характера действия причины, поскольку  $\delta t$  и  $\delta S$  зависят от последних. Но это не означает, что  $C_2$  не может быть величиной универсальной (как принято у Н. А. Козырева).

Вопросы о знаке  $C_2$ , о рациональности или иррациональности того или иного термина, о математической формулировке тех или иных следствий теории, отражающей непрерывно-дискретную структуру цепей причинения, являются, конечно, важными для самой теории, но нам нет необходимости на них останавливаться, поскольку они не затрагивают принципиальной стороны вопроса. Такие заявления Н. А. Козырева, как «ход времени может создавать дополнительные напряжения в системе и тем самым может менять ее потенциальную и полную энергию»<sup>6</sup>, могут, конечно, вызвать возражение. Но если учесть, что под «ходом времени» каждой причинно-следственной связи Н. А. Козырев понимает реальный физический процесс, то за этим выражением не скрывается философского идеализма. Однако философски неверно истолкованные исходные посыпки «причинной механики» естественно приводят ее автора и к философски неверным выводам. Понимая пространственный интервал между причиной и следствием как «пустую» точку, Н. А. Козырев пишет: «Превращение причины в следствие требует преодоления «пустой» точки пространства. Эта

<sup>6</sup> Н. А. Козырев. Причинная механика и возможность экспериментального исследования свойств времени. В сб. «История и методология естественных наук», вып. II. Физика. Изд-во МГУ, 1963, стр. 113.

точка является бездной, через которую перенос действия одной точки на другую осуществляется с помощью хода времени. Это означает активное участие времени в процессах материальных систем. Можно сказать, что величина  $C_2$  является скоростью превращения причин в следствие. В элементарном акте этих превращений уже нет материальных тел, есть только пространство и время<sup>7</sup>. Здесь кроется серьезная ошибка.

С одной стороны, автор под «ходом времени» понимает реальный физический процесс. С другой стороны, он утверждает, что в «пустой» точке нет материальных тел, а действие одной точки на другую переносится через «пустую» точку ходом времени (т. е. материальным процессом). Если же под «ходом времени» автор понимает нечто отличное от материального физического процесса, то он приходит к абсурдному выводу о раздельном существовании материи, с одной стороны, пространства и времени — с другой. Такая путаница в выводах является, конечно, отражением философски неверного истолкования исходных посылок. Никаких «пустых» точек на самом деле нет. И от представления о них можно (и нужно!) избавиться (при этом, возможно, не меняя математической конструкции теории), если с самого начала исходить из идеи о непрерывно-дискретном характере пространственно-временной структуры цепей причинения.

При таком истолковании «причинной механики» мы можем констатировать тот факт, что в ней, вопреки сделанному выше предположению, не обнаруживается точек соприкосновения с идеей существования некоторой минимальной длины в пространстве микромира. И это объясняется, видимо, тем, что «причинная механика», не будучи направленной на решение проблемы пространства и времени микромира, все же касается этой проблемы с точки зрения характера пространственно-временной структуры цепей причинения.

## **2. Пространственно-временная структура цепей причинения и непрерывно-дискретная структура пространства — времени микромира**

Если в гипотезах квантованного пространства и времени под квантами последних понимать те наименьшие их значения, которым только и могут быть кратны пространственно-временные координаты «центра» микрообъекта (а к такому понима-

---

<sup>7</sup> Н. А. Козырев, Причинная механика и возможность экспериментального исследования свойств времени. В сб. «История и методология естественных наук», вып. II. Физика. Изд-во МГУ, 1963, стр. 98.

нию так или иначе приводят все рассмотренные выше гипотезы), то существуют ли пространство и время в пределах этих квантов? Прежде всего посмотрим, как отвечает на этот вопрос современная физика элементарных частиц. Здесь намечаются два пути, связанные с различным истолкованием пространственного перемещения микрообъекта

Согласно одной точке зрения, перемещение микрообъекта в пространстве происходит по некоторой «траектории»<sup>8</sup>. Но представление о «траектории» микрообъекта можно увязать с представлением о квантованном пространстве и времени в том случае, если допустить, что характер пространственного перемещения микрообъекта таков, что его «центр» как бы задерживается на время, равное кванту времени, в пространственных точках «траектории», отстоящих друг от друга на расстоянии, равном пространственному кванту. Сделанное предположение о характере движения микрообъекта имеет давнюю историю<sup>9</sup> и может представлять возможный случай.

Если движение в действительности происходит так, то оно «очень мало» отличается от движения классической частицы по определенной траектории. Следовательно, в таком случае в пределах пространственных и временных квантов микрообъекта существуют соответственно пространство и время, которые являются непрерывными, если себестождественный микрообъект при своем движении не переходит из одного качественного состояния в другое. Другими словами, пространственно-временная форма такого микрообъекта обнаруживает непрерывно-дискретную структуру, выражающуюся в том, что в непрерывном пространстве существуют некоторые выделенные точки, расположенные друг от друга на расстоянии пространственного кванта, в которых как бы задерживается «центр» микрообъекта на время, равное кванту времени. Если же при таком движении себестождественный микрообъект испытывает переходы из одного качественного состояния в другое, то такие переходы являются следствием внутренних движений са-

---

<sup>8</sup> Р. Фейнман. Пространственно-временной подход к нерелятивистской квантовой механике. В сб. «Вопросы причинности в квантовой механике». М., ИЛ, 1956; Г. В. Рязанов. Квантово-механические вероятности как суммы по путям. ЖЭТФ, 1958, т. 35, вып. 1; А. А. Тяпкин. О возможности дальнейшего развития совместного координатно-импульсного представления квантовой механики. В сб. «Философские проблемы физики элементарных частиц». М., Изд-во АН СССР, 1963; С. М. Фейнберг. Гипотеза траектории квантовой частицы. Докл. АН СССР, 1963, т. 153, № 5, стр. 1058—1061.

<sup>9</sup> См., например, А. П. Вьяльцев. Дискретное пространство — время, М., «Наука», 1965, стр. 26—33.



мого микрообъекта и воздействия внешних полей, которые выступают как причины изменения состояний микрообъекта (под изменением состояния микрообъекта мы понимаем здесь изменение хотя бы одного из параметров, характеризующих состояние микрообъекта). Следовательно, в таком случае рассматриваемый микрообъект связан определенными цепями причинения с внешними полями, которые (цепи причинения) не могут в рассматриваемом случае существовать иначе, как в пределах пространственных и временных квантов данного микрообъекта. Но выше мы установили, что за пространственной и временной структурой цепей причинения следует признать непрерывно-дискретный характер. Следовательно, в рассматриваемом случае в пределах пространственных и временных квантов не только существуют соответственно пространство и время, они к тому же обнаруживают непрерывно-дискретную структуру.

Согласно другой точке зрения, перемещение микрообъекта в пространстве следует рассматривать как некоторый процесс, сходный или совпадающий с процессом регенерации. Хотя процесс регенерации несовместим с представлением о движении себестождественного микрообъекта, однако и здесь можно говорить о «себестождественности» в том смысле, что «возродившийся» микрообъект обладает всеми теми же свойствами и в тех же отношениях, какими и в каких отношениях обладал «исчезнувший» микрообъект в предыдущем звене цепи регенераций. При таком характере движения микрообъекта «исчезновение» его в некоторой пространственной ячейке означает, что в этой ячейке одна форма материи (которая обусловливала существование микрообъекта как такового) перешла в некоторую другую форму (ибо материя неуничтожима). «Возрождение» же микрообъекта в соседней пространственной ячейке означает, что эта, другая, форма материи вновь перешла в прежнюю форму. Таким образом, «возродившийся» микрообъект выступает как следствие, причиной которого была та форма материи, в которую перешла форма материи «исчезнувшего» в предыдущем звене регенераций микрообъекта. Другими словами, в этом случае мы имеем вполне определенную цепь причинения, которая не может существовать в данном случае иначе, как в пределах пространственных и временных квантов, каковыми являются пространственные и временные ячейки. Следовательно, в этих пределах существуют соответственно пространство и время, которые являются чисто непрерывными, если «исчезнувший» и «возродившийся» микрообъекты обладают теми же свойствами и в одних и тех же отношениях.

Такая ситуация, видимо, может соответствовать только движению действительно свободного микрообъекта. Если же он находится во взаимодействии с внешними полями (что соответствует реальному случаю), то «исчезнувший» и «возродившийся» микрообъекты будут характеризоваться различными качественными состояниями, поскольку та форма материи, в которую превратится форма материи «исчезнувшего» микрообъекта, будет находиться во взаимодействии с этими полями, т. е. будет связана с ними определенной целью причинения. Но такая цель причинения, имея непрерывно-дискретную структуру как в пространстве, так и во времени, не может существовать иначе, как в пределах пространственных и временных квантов данного микрообъекта. Следовательно, и в этом случае мы приходим к заключению, что в пределах пространственных и временных квантов существуют соответственно пространство и время, которые обнаруживают свою непрерывно-дискретную структуру.

Конечно, сейчас пока трудно сказать, сводится ли движение себестождественного микрообъекта к какому-либо одному из рассмотренных случаев или к их комбинации, так как физика наших дней только подходит к проблеме механизма движения микрочастиц и их пространственно-временных отношений. Однако, каков бы ни был этот механизм, он представляет собой механизм движения определенной формы материи, связанной некоторыми цепями причинения с другими формами материи. Во всяком случае, непрерывно-дискретный характер пространственной структуры цепей причинения позволяет сделать вывод о том, что «рациональный смысл гипотезы квантования пространства состоит в утверждении, что существуют микроэлементы пространства, хотя и очень малой, но конечной величины, могущие обладать резко выраженными особыми свойствами (например, особой метрикой, особым типом геометрии и т. д.), отличающими их друг от друга соответственно различию в природе тех материальных объектов, формой существования которых данные элементы являются. Но при этом все указанные элементы обладают пространственными протяженностями, которые сливаются в единый континуум без каких-либо «разрывов»<sup>10</sup>. Рациональный же смысл гипотезы квантования времени состоит, видимо, в утверждении, что существуют микроэлементы времени, хотя и очень малой, но конечной величины, являющиеся временной формой существова-

---

<sup>10</sup> И. В. Кузнецов. Принцип причинности и его роль в познании природы, стр. 52.

ния тех материальных объектов, пространственной формой существования которых являются кванты пространства. При этом пространство и время в пределах пространственных и временных квантов либо являются непрерывными (в случае свободного микрообъекта), либо обладают непрерывно-дискретной структурой (в случае связанного микрообъекта). Утверждение же этого положения эквивалентно утверждению о единстве свойств непрерывности и дискретности в структурных особенностях пространственно-временных форм микрообъектов.

Только что сделанный вывод, основывающийся на проведении принципа причинности в вопросе о структурных особенностях пространства и времени микромира, указывает на несостоятельность попыток представлять пространственно-временные формы микрообъектов как чисто дискретные. Поскольку вопрос о существовании дискретных элементов в структуре пространственно-временных форм микрообъектов уже поставлен на повестку дня, постольку следует особо подчеркнуть, что попытки решения этого вопроса, основывающиеся на представлении о чистой дискретности, лишены каких-либо серьезных оснований и вряд ли смогут увенчаться полным успехом. Только учет этих двух противоречивых моментов в структурных особенностях пространственно-временных форм микрообъектов может привести к адекватной картине пространственно-временных отношений в этой области материального мира.

И такой вывод можно сделать также, исходя из диалектики формы и содержания: единство прерывного и непрерывного, присущее содержанию (микрообъекту), должно так или иначе вылиться в единство прерывного и непрерывного в форме этого содержания (в пространственно-временной форме существования микрообъекта). С этой точки зрения идея квантования пространства и времени представляется принципиально оправданной. Вопрос о том, в каком конкретном виде реализуется эта идея, может решить только физическая теория.

Итак, согласно принципу причинности, в пределах пространственно-временных квантов микрообъектов обязательно должны происходить какие-либо материальные процессы, формой существования которых и являются эти кванты. Должна ли существовать какая-то связь между этими квантами? С точки зрения диалектики формы и содержания, существование такой связи необходимо. Конечно, это не означает, что она обязательно должна носить характер связи, выраженной формулами теории относительности. Скорее даже наоборот, будет более чем странным, если между пространственными и вре-

менными квантами обнаружится именно такая связь. Проникновение в микроэлементы пространства и времени означает переход той границы, до которой справедливы законы макропространства и макровремени, т. е. переход границы определенной меры для пространства и времени. Действительно, если бы такое проникновение не означало перехода границы меры для пространства и времени, то лишился бы всякого смысла вопрос о квантовании пространства и времени. Но выход за пределы одной меры пространства и времени и вхождение в пределы другой — это переход к качественно иным законам пространственно-временных отношений и связи между пространством и временем.

Возможно ли в принципе наблюдение процессов в пределах пространственных и временных квантов, или же они принципиально ненаблюдаемы? Если эти процессы принципиально ненаблюдаемы, то это значит, что они не могут находиться в причинно-следственной связи ни с одним из приборов. Другими словами, в этом случае никогда не могут быть установлены цепи причинения между процессами и приборами. Невозможность же подобных цепей причинения означает и невозможность переноса материи по ним. Следовательно, с точки зрения принципиальной ненаблюдаемости процессов в пределах пространственно-временных квантов, невозможно никаким вмешательством с помощью приборов хоть как-то видоизменить ход этих процессов. Поскольку состояние микрообъекта определяется характером материального процесса, происходящего в пределах пространственно-временных квантов, то следует, что никаким вмешательством с помощью прибора невозможно видоизменить состояние самого микрообъекта; это равносильно признанию того, что сами микрообъекты принципиально ненаблюдаемы. Абсурдность такого вывода свидетельствует, что со всей решительностью следует отбросить как несостоятельное утверждение о принципиальной ненаблюдаемости процессов в пределах пространственно-временных квантов. При этом следует особо подчеркнуть, что принципиальную наблюдаемость физических процессов в пределах пространственно-временных квантов не следует понимать упрощенно, т. е. как реальную возможность уже «сегодня» наблюдать буквально все процессы, которые происходят или могут происходить в этих пространственно-временных областях.

Дело в том, что само понятие принципиально наблюдаемого имеет смысл лишь в рамках определенной теории. «Это понятие необходимо связано цепью соответствующих умозаключений с основными понятиями и принципами теории. Определение принципиально наблюдаемого дает метод, позволяющий

на основании экспериментов решать, отвечает ли принципиально наблюдаемое объективно реальному»<sup>11</sup>. Развитие теории и эксперимента неизбежно сопровождается превращением в свою противоположность принципиально наблюдаемого и принципиально ненаблюдаемого. Если учесть, что в понятие принципиально ненаблюдаемого отражается факт существования чего-то принципиально наблюдаемого, то можно сказать, что развитие теории и эксперимента ведет к более глубокому познанию сущности принципиально наблюдаемого.

Если «быть наблюдаемым — значит быть во времени и в пространстве»<sup>12</sup>, то справедливо и обратное: быть во времени и в пространстве — значит быть наблюдаемым. Как бы ни были сложны те или иные процессы в микромире, они познаваемы и, следовательно, наблюдаемы. Но познать тот или иной материальный процесс — это значит выявить характер его поведения в пространстве и во времени. Важнейшими же свойствами пространства и времени являются соответственно их протяженность и длительность. Поэтому нельзя согласиться с точкой зрения тех, кто утверждает, что понятие длины неприменимо для областей, меньших кванта длины, так же как неприменимо понятие временного интервала для областей, меньших кванта времени. Отказаться от понятия длины и временного интервала для пространственно-временных квантов — значит отказаться от самого понятия пространственно-временных квантов, ибо они теряют свое содержание, будучи лишенными свойств протяженности и длительности.

В макроскопической области инвариантность причинно-следственной структуры связей объектов относительно преобразования координат и времени обуславливает фундаментальные свойства пространства и времени. Именно из условия инвариантности этой структуры следует, что единственно возможными преобразованиями координат и времени являются преобразования Лоренца (при справедливости положения, что скорость передачи взаимодействия равна скорости света и что уравнения электродинамики линейны)<sup>13</sup>. Структура причинно-

<sup>11</sup> М. Э. Омельяновский. О принципе наблюдаемости в современной физике. «Вопросы философии», 1968, № 9, стр. 49. См. также П. С. Дышлевый, В. М. Свириденко. О принципе наблюдаемости и концепции дополнительности. В кн. «Методологические проблемы теории измерений». Киев. «Наукова думка», 1966.

<sup>12</sup> P. Green. Time, Space and Reality. „Philosophy“, IX, № 36. 461, 1934.

<sup>13</sup> А. Д. Александров. Теория относительности как теория абсолютного пространства — времени. В сб. «Философские вопросы современной физики». М., Изд-во АН СССР, 1959.

следственной связи микрообъектов, конечно, качественно отличается от таковой для макрообъектов. Но это, однако, не означает, что структура причинно-следственной связи микрообъектов не должна сохраняться во всех инерциальных системах (в противном случае теряется смысл понятия инерциальной системы). Требование же одинаковости этой структуры в любых инерциальных системах естественным образом должно привести к единственному допустимым преобразованиям пространственно-временных квантов, которые и будут выражать фундаментальные свойства этих пространственно-временных областей. На один из возможных видов такого преобразования мы уже указывали выше.

Таким образом, последовательное проведение принципа причинности при исследовании проблемы квантованного пространства и времени позволяет, видимо, избежать односторонних трактовок важнейших вопросов проблемы.

Однако в последнее время в физической литературе довольно часто высказывается мысль о возможном нарушении принципа причинности в явлениях микромира<sup>14</sup>. Это обстоятельство может быть воспринято как один из аргументов, ставящих под сомнение сделанное нами заключение о единстве свойств непрерывности и дискретности в структурных особенностях пространства и времени микромира, которое всецело покоится на предположении о выполнимости именно принципа причинности в явлениях микромира. Такая ситуация побуждает нас рассмотреть вопрос о причинности в микромире более внимательно и выяснить, насколько правомерно указанное выше сомнение.

Прежде всего, как понимается принцип причинности в современной физике? Интересующий нас ответ мы находим у Л. Ландау и Е. Лифшица: «Два события могут быть причинно связаны друг с другом только в том случае, если интервал между ними времени-подобный, что непосредственно следует из того, что никакое взаимодействие не может распространяться со скоростью, большей скорости света... как раз для таких событий имеет абсолютный смысл понятия «раньше» и «позже», что является необходимым условием для того, чтобы имели смысл понятия причины и следствия»<sup>15</sup>.

Изложенная концепция причинности в физике, как мы видим, существенно опирается на признание временной разде-

<sup>14</sup> Д. А. Киришиц, В. Л. Поляченко. К вопросу о возможности нарушения микроскопической причинности. ЖЭТФ, 1964, вып. 2.

<sup>15</sup> Л. Ландау, Е. Лифшиц. Теория поля. М.—Л., Гостехиздат, 1948, стр. 17.

ленности причины и следствия. Однако, как уже отмечалось, временная разделенность причины и следствия не является необходимым условием выполнимости принципа причинности. Признание временной разделенности причины и следствия или их одновременности зависит от того, что понимается под следствием<sup>16</sup>.

Положение, что причина предшествует следствию, связывается с представлением о невозможности распространения взаимодействий со скоростью, большей скорости света в пустоте. Однако это представление начинает подвергаться сомнению. Так, порой допускается<sup>17</sup> мысль, что если «элементарная» частица имеет некоторые размеры, то вполне возможно, что «внутри» частицы скорость распространения взаимодействий бесконечно велика. Однако следует иметь в виду, что представление о бесконечно большой скорости распространения сигналов неудовлетворительно с философской точки зрения, ибо оно ведет к представлению о возможности вневременного существования материальных процессов. Поэтому такое представление следует отнести к недостаткам той теоретической схемы, в которой оно появляется. Не желая признать возможность вневременного существования материальных процессов, мы, следовательно, должны всегда иметь в виду, что скорость распространения любых материальных взаимодействий всегда конечна. Отсюда, разумеется, еще не следует, что эта скорость равна скорости света. Вполне возможно, что обнаружатся такие материальные процессы, скорость распространения которых превышает скорость света. Допущение такой возможности не является уже «сумасшедшей идеей», ибо оно явно или неявно сопровождает многие попытки обобщения современной теории поля<sup>18</sup>. При этом, как правило, существование сверхсветовых сигналов допускается внутри некоторых элементарных пространственных интервалов. Тогда, оставаясь на точке зрения равноправности инерциальных систем, приходится при-

---

<sup>16</sup> М. Бунге. Причинность. Место принципа причинности в современной науке. М., ИЛ, 1962, стр. 79—80; А. В. Ерахтин. О соотношении причинности, пространства и времени. Уч. зап. Томского гос. ун-та им. В. В. Куйбышева, № 64. Вопросы методологии и логики наук, вып. III. Изд-во Томского гос. ун-та, 1956, стр. 45—70.

<sup>17</sup> Д. И. Блохинцев. Распространение сигнала внутри элементарной частицы. Сб. «Пространство, время, причинность в микромире» (Дополнения). Дубна, Изд. ОИЯИД — 1735, 1964; Д. Блохинцев. О распространении сигналов в нелинейной теории поля. Докл. АН СССР, 1962, т. LXXXII, № 4.

<sup>18</sup> См., например, Д. Блохинцев. О распространении сигналов в нелинейной теории поля. Докл. АН СССР, 1952, т. LXXXII, № 4.

знать выполнимость преобразований Лоренца для этих элементарных интервалов, что приводит к возможности нарушения инвариантности причинно-следственной связи.

На основании этого делается заключение о нарушении принципа причинности в малых пространственно-временных областях. Однако нетрудно заметить, что такое отрицание принципа причинности есть отрицание лишь той формы принципа причинности, которая принята в современной физике, а не отрицание принципа причинности вообще. Как справедливо отмечает А. Н. Вяльцев, «принцип причинности не тождествен принципу релятивистской инвариантности, а является дополнительным по отношению к нему, и что, соответственно, требование релятивистской инвариантности, вообще говоря, совместно с существованием сверхсветовых скоростей, причем не только типа фазовой, не связанной с переносом энергии: нужно только, чтобы сверхсветовая скорость по своей природе не допускала подстановки ее в преобразования Лоренца, которые в этом случае приводили бы к физически бессмысленным, мнимым величинам»<sup>19</sup>. Именно в этом направлении указывается несколько возможностей обобщения математической формы причинности в современной физике с тем, чтобы для больших пространственно-временных областей сохранялась обычная форма макропричинности, а для малых пространственно-временных областей эта форма приобретала иной вид<sup>20</sup>. В связи с этим следует заметить, что само по себе стремление отыскать новые формы выражения принципа причинности означает, прежде всего, признание самого принципа. И это для нас наиболее важно.

Однако принятая в современной физике концепция причинности подвергается сомнению не только в связи с необходимостью пересмотра представлений о пространственно-временных отношениях на малых расстояниях. В теоретических построениях современной квантовой теории поля все более широкое применение находит так называемая индефинитная метрика (в частности, она принята в нелинейной спинорной теории Гейзенберга). Теория с индефинитной метрикой обнаруживает очень много точек соприкосновения с проблемами, связанными, «с одной стороны, со структурой элементарных частиц и, с другой стороны, — со структурой пространства — времени и

<sup>19</sup> А. Н. Вяльцев. Дискретное пространство — время, стр. 204.

<sup>20</sup> Д. И. Блохинцев. Замечания о возможном релятивистски инвариантном обобщении понятия поля; Он же. О причинности в современной теории поля. Изд. ОИЯИ, Лаборатория теоретической физики, Р. 1090, Дубна, 1962; Он же. «Атомная энергия», 1963, № 14, вып. 1.



самых малых расстояниях»<sup>21</sup>. Поэтому неудивительно, что в этих теориях можно встретиться с нарушением принципа причинности не только в микро-, но и макрообластях. Однако не следует забывать, что в теориях с индефинитной метрикой принята все та же форма принципа причинности, о которой мы говорили выше. Поэтому нарушение принципа причинности в этих теориях не следует рассматривать как вообще отход от принципа причинности. Если здесь действительно имеется какой-то отход, то лишь от принятой формы принципа причинности. Более того, еще не совсем ясно, нарушается ли вообще в теориях с индефинитной метрикой принятая в современной физике концепция причинности. Поводом для такого сомнения может служить состояние этих теорий.

Во-первых, не исключена возможность построения теории с индефинитной метрикой, в которой выполняется условие макропричинности<sup>22</sup>. Во-вторых, невыполнимость условия микропричинности в теории с индефинитной метрикой связывается с невозможностью построения микропричинной матрицы рассеяния в рамках теории возмущений. Однако «остается открытым чрезвычайно интересный вопрос о возможности построения теории с индефинитной метрикой вне рамок теории возмущений»<sup>23</sup>.

Таким образом, можно с полным основанием сказать, что в современной квантовой теории поля проблема «акаузальности» отождествляется с проблемой отыскания новой формы проявления принципа причинности, отличной от принятой в современной физике. При постановке этой проблемы никто, однако, всерьез не отрицает зависимости поведения микрообъектов от их внутренних свойств и внешних воздействий. Но именно эта зависимость и составляет суть диалектико-материалистического понимания причинности в области микроявлений. Такое понимание микропричинности, как легко понять, не связано с представлением о предельном характере скорости света, но, однако, оно чуждо представлению о бесконечно большой скорости распространения взаимодействий. Исходя именно из такого понимания микропричинности, мы пришли к заключению о единстве свойств непрерывности и дискретности

---

<sup>21</sup> Д. Иваненко. Вступительная статья к сборнику «Нелинейная квантовая теория поля». М., ИЛ, 1959, стр. 20.

<sup>22</sup> Л. А. Максимов. О матрице рассеяния в индефинитной метрике, ЖЭТФ, 1959, т. 36, вып. 2.

<sup>23</sup> Д. А. Славнов, А. Д. Суханов. К вопросу о причинности в теории с индефинитной метрикой, Докл. АН СССР, 1959, т. 124, № 6, стр. 1232.

в структурных особенностях пространственно-временных форм микрообъектов.

Однако иногда высказываются соображения, что с точки зрения того же принципа причинности нет смысла говорить о какой-либо дискретной структуре пространства и времени микрообъектов и, следовательно, тем более о каком-либо единстве у них свойств непрерывности и дискретности.

При этом аргументы черпаются из теории дисперсионных соотношений<sup>24</sup>. Не вдаваясь в подробности этой теории, отметим лишь, что она существенно опирается на идею аналитического продолжения функций, описывающих реальные физические процессы в комплексную область. При этом оказывается, что операцию аналитического продолжения функций в комплексную область можно осуществить лишь на основе принципа причинности, который формулируется Н. Боголюбовым и Д. Ширковым следующим образом: «Нам необходимо также обеспечить выполнение условия причинности, в соответствии с которым какое-либо событие, происшедшее в системе, может оказать влияние на ход эволюции лишь в будущем и не может оказывать влияние на поведение системы в прошлом, во времена, предшествующие данному событию. Мы должны поэтому требовать, чтобы изменение закона взаимодействия в какой-либо пространственно-временной области могло оказать влияние на эволюцию системы лишь в последующие моменты времени»<sup>25</sup>. Такая формулировка принципа причинности в дисперсионных соотношениях выражает все ту же концепцию причинности, которая покоится на представлении о предельном характере скорости света.

Поскольку вид дисперсионных соотношений выведен на основе точечного представления о пространстве — времени и требования выполнимости принципа причинности в сколь угодно малых пространственных областях (это эквивалентно допущению, что физические воздействия распространяются на малых расстояниях со скоростью, не превышающей скорости света), постольку теория дисперсионных соотношений в принципе допускает возможность экспериментальной проверки идеи дискретности пространства — времени. В случае существования в природе области принципиальной «акаузальности» (т. е. области, в которой нарушается принятая в теории поля формулировка принципа причинности) вид дисперсионных соотноше-

<sup>24</sup> Н. И. Боголюбов, В. В. Медведев, М. К. Поливанов. Вопросы теории дисперсионных соотношений. М., Физматгиз, 1958.

<sup>25</sup> Н. И. Боголюбов, Д. В. Ширков. Вопросы квантовой теории поля. УФН, т. LX, вып. 2, февраль, 1955, стр. 180.

ний должен существенно измениться. Однако экспериментальная проверка принципа причинности на основе теории дисперсионных соотношений позволяет сделать вывод, что «в настоящее время пока нет экспериментальных или теоретических данных, указывающих на то, что в микроскопических областях пространства — времени имеются отклонения от принципа причинности, выраженного в той форме, которая используется сейчас в квантовой теории поля»<sup>26</sup>.

На основании такого вывода иногда и делается заключение о том, что в настоящее время нет оснований признать наличие дискретной структуры у пространства — времени в области микромира. Однако уязвимость подобного заключения обнаруживается по крайней мере в следующих пунктах.

Во-первых, если в природе существуют области принципиальной «акаузальности» (понимаемой в отмеченном выше смысле), то из этого еще не следует, что данные области не должны быть меньше расстояний  $r \approx 10^{-14}$  см, до которых проверялись дисперсионные соотношения.

Во-вторых, поскольку окончательно не установлена необходимость принятия иной формы причинности для микроскопических пространственных областей, отличной от той, которая используется сейчас в квантовой теории, постольку выполнимость принципа причинности в дисперсионных соотношениях на микроскопических расстояниях отнюдь не указывает на отсутствие дискретной структуры у микропространства.

В-третьих, так как вид дисперсионных соотношений выведен на основе точечного представления о пространстве — времени, то выполнимость этих соотношений на любых микроскопических пространственных расстояниях может свидетельствовать о непрерывности пространства — времени в микромире. Но непрерывность пространства — времени, как мы видели выше, не противоречит представлению о единстве свойств непрерывности и дискретности у пространственно-временных форм существования микрообъектов. С этой точки зрения в дисперсионных соотношениях даже можно видеть подтверждение сделанного выше заключения о единстве свойств непрерывности и дискретности в структурных особенностях пространства — времени микромира.

---

<sup>26</sup> В. С. Барашенков. Об экспериментальной проверке принципа причинности. «Вопросы философии», 1965, № 2, стр. 110.

### 3. Непрерывно-дискретные пространство и время как «резонатор» в процессах рождения нестабильных микрочастиц (резонансов)

В заключение хотелось бы высказать одно соображение, которое, как нам думается, может быть связано с представлением о дискретно-непрерывной структуре пространственно-временных форм микрообъектов. Это соображение касается явления рождения нестабильных «элементарных» частиц (так называемых резонансов) при рассеянии некоторых «элементарных» же частиц друг на друге.

При реакции рассеяния «элементарных» частиц обнаруживается любопытное явление: при эффективной массе (энергии) рассеиваемых частиц, превышающей некоторые пороговые значения (или равной им), наблюдается рождение нестабильных частиц, которые впоследствии распадаются на две или более сильно взаимодействующие частицы (эффективной массой называется сумма масс покоя и массы движения всех частиц системы рассеиваемых частиц, рассматриваемых в системе центра масс). Именно при пороговых значениях эффективных масс наблюдается наибольшая вероятность рассеяния частиц (наибольшее сечение рассеяния), сопровождающаяся рождением нестабильных частиц. Поскольку эффективная масса может быть выражена через эффективную энергию, а последняя — через соответствующую частоту, постольку имеется возможность говорить, что нестабильные частицы рождаются при определенных резонансных частотах (в силу чего эти нестабильные частицы и называются резонансами, или резонансами). Как отмечают М. Гелл-Манн, А. Розенфельд и Дж. Чу, «резонансной энергии в физике частиц может быть сопоставлена резонансная частота акустического или электромагнитного резонатора. Но что является «резонатором» в физике частиц? Это уже примышляемая структура...»<sup>27</sup>.

Однако возникает вопрос: действительно ли «резонатор» в физике элементарных частиц есть только «примышляемая» структура или ей соответствует нечто реальное? Предпринимая попытку дать на поставленный вопрос утвердительный ответ, рассмотрим процесс рождения резонансов с точки зрения предположения о непрерывно-дискретной структуре пространственно-временных форм микрообъектов.

Предположим, что при рассеянии микрочастиц 1 и 2 рождается резонанс 3. Пусть этим трем «элементарным» частицам

<sup>27</sup> М. Гелл-Манн, А. Розенфельд, Дж. Чу. Сильно взаимодействующие частицы, УФН, 1964, т. LXXXIII, вып. 4, стр. 707—708.

соответствуют пространственно-временные формы  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$ , обладающие непрерывно-дискретной структурой. Непрерывно-дискретный характер структуры этих форм означает, что в каждой из них существуют некоторые объективно выделенные точки, расстояния между которыми представляют собой не что иное, как пространственные и временные кванты, соответствующие этим формам. Обозначим эти кванты через  $l_{01}$ ,  $l_{02}$ ,  $l_{03}$  и  $t_{01}$ ,  $t_{02}$ ,  $t_{03}$  (для простоты мы принимаем во внимание лишь пространственные кванты, взятые по направлению столкновения частиц 1 и 2). Поскольку пространственно-временные формы микрообъектов полностью определяются состоянием самих микрообъектов, то рассматриваемые пространственные и временные кванты, будут, в частности, являться некоторыми функциями энергии и импульса микрочастиц. Другими словами, кванты  $l_{01}$ ,  $t_{01}$  будут находиться в некоторой функциональной

зависимости от энергии  $E_1$  и импульса  $\vec{P}_1$  микрочастицы 1, а кванты  $l_{02}$ ,  $t_{02}$  — в функциональной зависимости от энергии  $E_2$

и импульса  $\vec{P}_2$  микрочастицы 2. Причем в силу закона сохранения энергии  $E_3 = E_1 + E_2$  и представляет собой резонансную энергию. Рождение резонанса  $\mathcal{Z}$  можно рассматривать как «слияние» тех форм материи, из которых образуются частицы 1 и 2. Поскольку такое «слияние» происходит только при резонансной энергии, постольку можно предположить, что резонансной энергии отвечает тот случай, когда одна из пространственно-временных форм  $P_1$  или  $P_2$  может быть «вложена» в другую. Если бы эти формы были только непрерывными, то такое «вложение» было бы всегда возможным. В случае непрерывно-дискретной структуры форм  $P_1$  и  $P_2$  такое «вложение» возможно (в простейшем случае) лишь при условии, что пространственно-временные кванты одной из форм (скажем,  $P_1$ ) кратны пространственно-временным квантам другой (т. е.  $P_2$ ). Таким образом, рождение резонанса соответствует случаю, когда выполняются, например, равенства  $l_{01} = n l_{02}$ ,  $t_{01} = n t_{02}$ , где  $n$  — некоторое целое число.

Эти равенства позволяют выразить энергию и импульс одной частицы через энергию и импульс другой частицы: например,  $E_1$  и  $\vec{P}_1$  через  $E_2$  и  $\vec{P}_2$ . В силу существующего соотношения между энергией и импульсом микрочастиц оказывается возможным получить связь между энергиями  $E_1$  и  $E_2$ , которая будет определяться также значениями целых чисел  $n$ :  $E_1 = E_2 \cdot f(n)$ . Тогда резонансная энергия может быть представлена в виде  $E_3 = E_2 [1 + f(n)]$ .

Это выражение, определяющее значения эффективной энергии, при которых происходит рождение резонансов, оказывается зависящим от целых чисел  $n$ . С этой точки зрения выходит, что значения резонансной энергии, при которых происходит рождение резонансов, образуют некоторый дискретный ряд. Такое заключение находится в качественном согласии с экспериментально наблюдаемыми случаями рождения резонансов.

Более того, исходя из гипотезы о связи корпускулярно-волновых свойств микрообъектов со свойствами пространственно-временных форм их существования, изложенной выше, удается на основании формулы для  $E_3$  получить спектр масс резонансов, который во многих случаях довольно хорошо согласуется с экспериментально наблюдаемым спектром.

Конечно, изложенная точка зрения заведомо упрощена. И все же она позволяет высказать предположение, что «резонатором» в физике «элементарных» частиц являются непрерывно-дискретные пространственно-временные формы существования микрообъектов.

---

---

## Глава IV

### РОЛЬ ПРИНЦИПА СООТВЕТСТВИЯ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ НЕПРЕРЫВНОСТИ И ДИСКРЕТНОСТИ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ МИКРОМИРА

#### 1. Всеобщий характер принципа соответствия

Все усиливающееся проникновение в тайны микромира буквально ежедневно приносит нам огромную массу экспериментального материала, который не успевает ассимилироваться в теоретических концепциях. Это приводит к необходимости пересмотра понятийного аппарата, которым пользуется современная физика. Именно на этом пути предпринимаются различные попытки пересмотра наших представлений о пространственно-временных отношениях в области микромира.

Весь этот арсенал знаний, касающихся природы и свойств такого фрагмента материального мира, как «элементарные» частицы, которым владеет современная физика, несомненно, является величайшим завоеванием человеческого познания. Но, как отмечал В. И. Ленин, «человек не может охватить = остразить = отобразить природы *всей*, полностью, ее «непосредственной цельности», он может лишь *вечно* приближаться к этому, создавая абстракции, понятия, законы, научную картину мира и т. д. и т. п.»<sup>1</sup>. С этой точки зрения бесспорный интерес представляет вопрос о путях дальнейшего развития представлений о пространственно-временных формах существова-

---

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 29, стр. 164.

ния микрообъектов. Однако этот вопрос является другим выражением вопроса о различных формах внутренней взаимосвязи и преемственности физических теорий<sup>2</sup>. Одной из таких форм является так называемый принцип соответствия.

Рассмотрим его несколько подробнее.

В области строения атома Н. Бор в 1913 г. выдвинул теорию, основанную на «постулатах», резко противоречащих основным положениям классической электродинамики. Благодаря этому теория Бора смогла объяснить значительный эмпирический материал, перед которым классическая теория оказалась бессильной. Несмотря на резкий разрыв новой теории со старыми представлениями, Бор заметил, что при некоторых значениях параметров результаты, к которым приводит новая теория, почти полностью совпадают с результатами классической теории. Между математическим аппаратом старой и новой теории, оказывается, существует определенное соотношение такого свойства, что при определенных условиях уравнения новой теории переходят в уравнения старой теории. Замеченное соотношение между старой и новой теориями Н. Бор назвал принципом соответствия.

Впоследствии этот принцип был принят на вооружение физиками и широко применялся при разработке квантовой теории как некий методологический принцип. Однако применение принципа соответствия еще не было теоретически обосновано, и он понимался весьма узко. Он являлся чисто эмпирическим принципом, и было совершенно непонятно, почему его применение приводит к правильным результатам. На повестку дня была поставлена проблема рационального объяснения и обобщения принципа соответствия. Для физики эта проблема оказалась непосильной, так как внутри физической науки невозможно было найти никаких оснований, которые необходимо приводили бы к найденным соотношениям между физическими теориями, составляющими содержание принципа. Было ясно, что основания этого принципа нужно искать в другой области. И этой областью оказалась диалектико-материалистическая теория познания.

Именно с точки зрения марксистской теории познания этот принцип был рассмотрен и широко обобщен И. В. Кузнецовым

---

<sup>2</sup> И. В. Кузнецов. Взаимосвязь физических теорий и развитие современной физики элементарных частиц. В сб. «Философские проблемы физики элементарных частиц». М., Изд-во АН СССР, 1963; Он же. Преемственность, единство и минимизация знания — фундаментальные черты научного метода. В кн. «Материалистическая диалектика и методы естественных наук». М., «Наука», 1968.



в книге «Принцип соответствия в современной физике и его философское значение» (М.—Л., Гостехиздат, 1948). На большом фактическом материале И. В. Кузнецов показал, что соотношения между старой и новой теориями, указываемые принципом соответствия, имеют место не только в области квантовой теории, но и в других областях физики, и дал следующую формулировку принципа соответствия как общего для всей современной физики «Теории, справедливость которых экспериментально установлена для той или иной области физических явлений, с появлением новых, более общих теорий не устраняются как нечто ложное, но сохраняют свое значение для прежней области явлений как предельная форма и частный случай новых теорий. Выводы новых теорий в той области явлений, где была справедлива старая «классическая» теория, переходят в выводы классической теории; математический аппарат новой теории, содержащий некий характеристический параметр, значения которого различны в старой и новой области явлений, при надлежащем значении характеристического параметра переходит в математический аппарат старой теории»<sup>3</sup>.

Принцип соответствия был рассмотрен И. В. Кузнецовым с точки зрения категорий абсолютной и относительной истины. «...В учении о единстве абсолютной и относительной истины, — пишет И. В. Кузнецов, — физика находит исчерпывающее объяснение того, почему все новые физические теории, какими бы они антагонистическими по отношению к прежним теориям ни сказывались, неизбежно сохраняют в себе старые теории в качестве своего частного, предельного случая»<sup>4</sup>.

Продолжая начатую И. В. Кузнецовым философскую разработку принципа соответствия, А. С. Арсеньев предпринял попытку обосновать логическую необходимость существования соотношения между старыми и новыми теориями и их математическим аппаратом, сформулированного в обобщенном принципе соответствия И. В. Кузнецова. Исходя из того, что новая теория, охватывающая шире главные, существенные связи и закономерности предмета, конкретнее старой, А. С. Арсеньев отмечает, что для перехода от новой теории, базирующейся на более глубоком представлении о сущности предметов и явлений, к старой необходимо, чтобы первая была лишена некоторой доли определенности, конкретности, т. е. тех характеристик, которые являются специфическими для нее. Поскольку

<sup>3</sup> И. В. Кузнецов. Принцип соответствия в современной физике и его философское значение. М.—Л., Гостехиздат, 1948, стр. 56.

<sup>4</sup> Там же, стр. 104.

специфические для новой теории характеристики предметов и явлений на языке математики выражаются определенными параметрами, постольку такой переход принимает форму предельного перехода при предельном значении параметров. Придание специфическому параметру новой теории предельного значения лишает эту теорию определенной доли конкретности, специфичности и возвращает ее тем самым к системе отношений старой, более абстрактной теории<sup>5</sup>.

Таким образом, на основе диалектико-материалистической теории познания принцип соответствия в физике получил свое рациональное объяснение и обобщение. Давая философскую оценку этому принципу, И. В. Кузнецов отмечает, что признание принципа соответствия в физике есть стихийный путь к диалектическому материализму и что в принципе соответствия наглядно выявляются основные черты диалектико-материалистического понимания путей познания истины в одной из важнейших отраслей современного естествознания.

Рассмотрение и рациональное объяснение принципа соответствия на основе диалектико-материалистической теории познания приводит к заключению о всеобщем характере этого принципа. Исходя из этой всеобщности, можно сделать вывод, что попытки доказать, будто в определенных областях физики принцип соответствия несправедлив, обречены на неудачу. Заключение о всеобщем характере принципа соответствия подтверждается всем ходом развития современной физики и, в частности, физики «элементарных» частиц. Более того, развитие физики «элементарных» частиц отчетливо выявляет и ту роль, которую играет принцип соответствия в познании пространственно-временных форм существования микрообъектов. Проследим более подробно выполнимость принципа соответствия в современных теориях пространства и времени микромира.

## **2. Действие принципа соответствия в современных теориях пространства и времени микромира**

В настоящее время не существует еще ни одной такой теории пространства и времени микромира, которая имела бы характер законченной теории, не вступающей в противоречие с твердо установленными физическими принципами и законами. Тем не менее, если проследить в историческом плане различ-

<sup>5</sup> А. С. Арсеньев. О принципе соответствия в современной физике. «Вопросы философии», 1958, № 4.

ные попытки пересмотра пространственно-временных отношений в области микромира, то мы со всей отчетливостью обнаружим, что эти попытки самым тесным образом связаны с требованием выполнимости принципа соответствия. Непосредственное обращение к истории вопроса убеждает нас в этом.

Теории полевой массы электрона (вообще заряженной частицы) нельзя в строгом смысле слова считать теориями пространства и времени микромира. Однако эти теории вводят в рассмотрение некоторый эффективный радиус электрона (заряженной частицы). Поскольку этот радиус в какой-то степени все же характеризует пространственные отношения в микромире, постольку и теории, вводящие его в рассмотрение, могут быть отнесены к теориям пространства и времени микромира в указанном выше смысле.

С точки зрения вопроса, рассматриваемого в данном разделе, вариант нелинейной электродинамики Борна—Инфельда представляет несомненный интерес, поскольку обнаруживается, что если положить предельные поля  $E_0$  и  $H_0$  равными бесконечности, то уравнения нелинейной электродинамики переходят в обычные уравнения Максвелла, а сам электрон становится точечным<sup>6</sup>.

Аналогичная ситуация наблюдается и в теории Боппа—Подольского, являющейся обобщением теории Максвелла, что достигается путем введения высших производных. Если пренебречь высшими производными, т. е. считать их равными нулю во всех пространственно-временных точках (предельное значение), то уравнения этой теории переходят в уравнения Максвелла, а электрон перестает быть пространственно протяженным и становится точечным. Другими словами, в теории Боппа—Подольского роль характеристического «параметра» играет не некоторая константа, а некоторые функции координат и времени.

Из неполевых теорий массы электрона остановимся лишь на теории  $\lambda$ -процесса. В этой теории, как уже отмечалось, электрон остается точечным в смысле пространственного распределения, но ему вначале приписывается некоторая протяженность, величина которой в пределе стремится к нулю. Здесь вектор  $\lambda$  своеобразным путем заменяет радиус электрона. Следовательно, предельный переход от неклассического представления (протяженный электрон) к классическому (точечный электрон) осуществляется автоматически. Другими словами, теория  $\lambda$ -процесса с самого начала подчинена принципу соот-

<sup>6</sup> Д. Иваненко, А. Соколов, Классическая теория поля, стр. 193.

ветствия, который срабатывает автоматически через посредство «сжимающейся» элементарной длины.

В теории квантованного пространства и времени, предложенной Амбарцумяном и Иваненко, переход от квантованного пространства и времени (неклассическое представление) к непрерывному пространству и времени (классическое представление) осуществляется путем придания параметру  $a$  (минимальная длина) предельного значения ( $a=0$ ). В результате этой процедуры разностные уравнения теории поля в квантованном пространстве и времени переходят в обычные дифференциальные уравнения поля, а четырехмерная кубическая решетка точек, представляющая модель пространства и времени в этой теории (неклассическое представление), переходит в четырехмерный континуум точек (классическое представление).

В теории квантованного пространства и времени Марха и Фарадори микропространство имеет «зернистую» структуру, обусловленную некоторой универсальной длиной  $l_0$ . Пренебрежение константой  $l_0$  ( $l_0=0$ ) приводит к тому, что микропространство теряет свойство зернистости, а метрика теряет свойство статистичности. Другими словами, прерывное пространство и время Марха — Фарадори, являющееся одновременно статистически непрерывным, переходят в чисто непрерывные классические пространство и время.

В теории квантованного пространства и времени, предложенной Снайдером, выполнимость принципа соответствия просматривается наиболее отчетливо. Действительно, из коммутационных соотношений Снайдера для операторов координат и времени сразу же вытекают обычные, классические представления о координатах (уже не являющихся операторами) и времени, если положить равной нулю универсальную константу ( $l_0=0$ ).

По поводу наименьших пространственных расстояний  $l_i$  ( $i=1, 2, 3$ ) и наименьшей длительности  $l_0$ , которые фигурируют в теории единой «праматерии» Гейзенберга, можно заметить следующее. Поскольку, по Гейзенбергу,  $l_i$  и  $l_0$  — это деформируемые физические «точки» пространства и деформируемый физический «момент» времени, постольку в предельном случае ( $l_i=0$  и  $l_0=0$ ) они переходят в точки пространства и времени, соответствующие классическим представлениям.

Хорошо видна выполнимость принципа соответствия в представлениях, развиваемых В. Г. Кадышевским. Если считать, что константа Ферми  $G=0$  (слабые взаимодействия вы-

ключаются), то остаются только сильные и электромагнитные взаимодействия, в которых соблюдается закон сохранения четности. Но при  $G=0$  константа длины  $l_0$  также равна нулю. Таким образом, и здесь предельный переход возвращает нас от неклассических представлений (несохранение четности) к классическим (выполнимость закона сохранения четности).

В нелокальной теории М. А. Маркова переход к классическим представлениям о свойствах пространства и времени в микромире осуществляется двойным предельным переходом. Во-первых, если отказаться от идеи принципиальной нелокальности волнового пакета (т. е. считать  $r_0=0$ ), то мы приходим к чисто непрерывному пространству, которое, однако, является еще  $q$ -пространством. Во-вторых, если считать отклонение  $q$  от  $x$  равным нулю ( $\xi=0$ ), то  $q$ -пространство переходит в  $x$ -пространство, лишенное свойства статистичности.

В теории Коши — Шапиро принцип соответствия, по-видимому, выполняется в том случае, если считать, что пространство и время состоят не из конечного  $N$ , а из бесконечного числа точек, т. е. если положить  $N=\infty$ .

В развиваемой нами гипотезе о связи корпускулярно-волновых свойств микрообъектов со свойствами пространственно-временных форм их существования выполнимость принципа соответствия видна довольно ясно. Действительно, поскольку совершенно свободных микрообъектов не существует, постольку есть смысл говорить только о возможности или невозможности применения теоремы В. А. Котельникова к  $\psi_i$ -функции связанного микрообъекта. Как мы видели, применить теорему Котельникова к  $\psi_i$ -функции связанного микрообъекта  $i$  возможно в случае, если предположить, что спектры  $\psi_i$ -функции такого микрообъекта по перемещению  $x, y, z, t$  не содержат составляющих с частотами выше  $W_{ix}, W_{iy}, W_{iz}, W_{it}$ , которые являются конечными. Если считать эти величины бесконечными, то величины пространственно-временных квантов становятся равными нулю и квадрат пространственно-временного интервала переходит в квадрат интервала, соответствующего специальной теории относительности. Другими словами, в этом случае мы возвращаемся к представлению о чистой непрерывности пространства и времени, характеризующей их структурные особенности.

Таким образом, мы с достаточной ясностью убеждаемся в выполнимости принципа соответствия в области современных теорий пространства и времени микромира.

### 3. Эвристическое значение принципа соответствия в развитии теорий пространства и времени микромира

Хотя ни одна из предложенных до сих пор теорий пространства и времени микромира не может считаться достаточно полной и последовательно разработанной теорией, все же с каждой из них так или иначе связан определенный успех, пусть даже незначительный, устраняющий или смягчающий ряд трудностей современной квантовой теории частиц и полей. Выполнимость принципа соответствия в этих теориях свидетельствует о том, что в познании пространственно-временных отношений микрообъектов этот принцип имеет большую эвристическую ценность.

С точки зрения диалектического материализма абсолютная истина как знание, вполне адекватное объективной действительности, должна отражать диалектически противоречивые моменты этой действительности. В применении к теории, отражающей структурные особенности пространства и времени микромира, это означает, что такая теория должна в предельном случае приводить либо к представлению о чистой непрерывности пространства и времени, либо к представлению о их чистой дискретности, поскольку каждое из этих представлений является отражением лишь одной из противоречивых сторон в структуре пространства и времени микромира. Другими словами, такая теория должна удовлетворять требованиям принципа соответствия. Выполнимость принципа соответствия в теории пространства и времени микромира, следовательно, указывает на то, что данная теория может оказаться верной. Возлагающиеся большие надежды на возможность создания теории пространства и времени микромира базируются так или иначе на уверенности в том, что пространственно-временные формы микрообъектов обладают дискретной структурой (поскольку представление о их чистой непрерывности является недостаточным). Однако поскольку речь уже всерьез идет о дискретности пространственно-временных форм микрообъектов, постольку следует со всей решительностью признать, что такие надежды вряд ли могут полностью оправдаться. Основанием для такого утверждения является приведенный в онтологическом плане анализ проблемы дискретного пространства и времени, который показывает, что данная проблема может быть решена только на пути синтеза свойств дискретности и непрерывности пространственно-временных форм микрообъектов. Поэтому принцип соответствия должен выступать как

один из регулятивных принципов построения новой теории, отражающей диалектически противоречивые свойства пространства и времени микромира — их непрерывность и дискретность.

Следовательно, путь сознательного применения принципа соответствия как одного из важнейших методологических и регулятивных принципов в создании теорий микромира является одним из тех путей, которые наиболее успешно приводят в сложном и противоречивом процессе познания к адекватной картине пространственно-временных отношений в микромире. Выполнимость принципа соответствия в современных теориях пространства и времени микромира свидетельствует о том, что и в этой области явлений материального мира наше познание развивается по пути восхождения от абстрактного к конкретному, от относительной истины к абсолютной.

---

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема непрерывности и дискретности пространства и времени имеет давнюю историю, в ходе которой развивающееся познание приводило к столкновению различных точек зрения на эту проблему. Как в решении вопроса о сущности пространства и времени, так и в решении указанной проблемы материализм и идеализм выступают как два основных направления, в борьбе которых происходило развитие представлений о природе непрерывности и дискретности пространства и времени. Закономерным этапом такого развития является диалектико-материалистическая точка зрения на вопрос о соотношении непрерывности и дискретности пространства и времени.

Исходным и ключевым пунктом диалектико-материалистического решения проблемы соотношения непрерывности и дискретности пространства и времени является положение о том, что «пространство и время — формы бытия материи» (Ф. Энгельс). Именно такое понимание природы пространства и времени дает возможность связать вопрос о их непрерывности и дискретности с диалектико-материалистическим законом меры и избежать многих односторонних решений этого вопроса.

Конкретизация формулы Ф. Энгельса «пространство и время — формы бытия материи» позволяет вскрыть некоторые новые аспекты в решении вопроса о соотношении непрерывности и дискретности пространства и времени объектов, которые (аспекты) прежде оставались в тени. Естественно, что общее решение проблемы соотношения непрерывности и дискретности специфическим образом преломляется в области микромира.

Бурное развитие физики элементарных частиц в наши дни все настоятельнее требует пересмотра представлений в области пространственно-временных отношений микрообъектов. Серьезные трудности, с которыми столкнулась физика микро-



мира в решении ряда проблем, порождают немало попыток преодоления этих трудностей путем отхода от классической концепции чисто непрерывного пространства и времени. Именно на этом пути высказано немало новых и интересных идей, касающихся структурных особенностей пространственно-временных форм существования микрообъектов. Однако в большинстве случаев все они так или иначе сводятся к одной радикальной идее — идее о существовании в природе некоторой универсальной минимальной длины и минимальной универсальной временной длительности, которая, видимо, равносильна допущению об отсутствии непрерывной структуры у пространства и времени, по крайней мере, в области микромира. Одни авторы отождествляют эту минимальную длину с размерами микрочастиц, другие под минимальной длиной понимают наименьшую возможную область локализации волнового пакета, третьи считают, что минимальная длина должна свидетельствовать о существовании минимальной длины волны для любых видов материальных полей. Если с точки зрения представлений, господствующих в современной квантовой теории, пространственно-временные формы существования микрообъектов являются чисто непрерывными в структурном отношении, то различные гипотезы квантованного пространства и времени, как и нелокальные теории, поднимают вопрос о возможности чисто дискретной структуры этих форм. Однако, как было показано, ни одна из этих гипотез и теорий фактически не отвергает представления о единстве у пространственно-временных форм существования микрообъектов свойств непрерывности и дискретности, понимаемых в смысле диалектического закона меры.

Во всех предложенных к настоящему времени гипотезах, касающихся проблемы пространства и времени микромира, нетрудно усмотреть немаловажную особенность. Здесь имеется в виду то обстоятельство, что гипотезы квантованного пространства и времени так или иначе связываются только с представлением о пространственной протяженности микрообъектов. Но в самом по себе факте пространственной протяженности микрообъекта не отражается его принципиальное отличие от классического объекта. Это отличие резко выявляется в том, что микрообъект обладает свойством корпускулярно-волнового дуализма, но как раз оно-то, на наш взгляд, в должной мере не учитывается при пересмотре пространственно-временных представлений, относящихся к микромиру. В связи с этим логично предположить, что современные теории пространства и времени микромира потому и не лишены многих противоре-

чий и не оказываются вполне эффективными, что их исходные послышки содержат в себе непоследовательность, а именно: они не учитывают надлежащим образом качественное отличие квантового микрообъекта от классического, выражающееся в наличии у первого корпускулярно-волновых свойств.

Выше нами была предпринята попытка объяснения пространственно-временных отношений в микромире, исходящая именно из корпускулярно-волновых представлений о микрообъекте.

Отправляясь от возможности применения теоремы В. А. Котельникова к  $\psi$ -функции свободной частицы, мы стремимся истолковать расстояние между пространственными и временными «точками отсчета» этой функции, как пространственные и временные кванты свободной частицы. На основе преобразования Лоренца для энергии и импульса получаются законы преобразования этих квантов при переходе от неподвижной системы координат к подвижной и находится инвариантное выражение  $\Delta S^2$ , составленное из пространственных и временных квантов и имеющее размерность квадрата пространственного интервала. Далее указывается возможное обобщение понятия пространственно-временного интервала. На основе принятой гипотезы мы пытались показать, что многие на первый взгляд разрозненные и не связанные между собою идеи, высказываемые в литературе разными авторами и существующие параллельно, выступают в качестве схватывающих отдельные моменты и стороны единой проблемы пространства и времени микромира. Кроме того, обнаруживается, что возможно наметить такой подход к проблеме пространства и времени микромира, который органически включает в себя представление о единстве свойств непрерывности и дискретности в структурных особенностях пространственно-временных форм микрообъектов.

В настоящее время еще не существует ни одной такой теории пространства и времени, которая имела бы характер законченной теории, не вступающей в противоречие с твердо установленными физическими принципами и законами. Однако потребность в такой теории ощущается все настоятельнее. В этих условиях методологически важным является общее решение проблемы соотношения непрерывности и дискретности в структурных особенностях пространства и времени микромира. Научная философия может и должна указать общий путь решения этой проблемы, дать методологически верное направление поисков на этом пути. Последовательное проведение принципа причинности и материалистической точки зре-

ния на пространство и время позволяет полнее раскрыть характер пространственно-временной структуры цепей причинения. Как было показано, представление о чистой пространственно-временной непрерывности цепей причинения является, видимо, односторонним, а представление о их чистой пространственно-временной дискретности — в корне неверным. За пространственно-временной структурой цепей причинения следует признать непрерывно-дискретный характер.

Если в гипотезах квантованного пространства и времени под квантами последних понимать те наименьшие их значения, которым только и могут быть кратны пространственно-временные координаты «центра» микрообъекта (а к такому пониманию так или иначе приводят все предложенные до сих пор гипотезы), то существуют ли пространство и время в пределах этих квантов? Этот вопрос является далеко не тривиальным, как может показаться на первый взгляд. Даже среди крупнейших современных физиков не существует единого мнения на этот счет.

В общефилософском плане подход к разрешению этого вопроса удастся найти на основе положения о несотворимости и неуничтожимости материи, опираясь на незыблемость принципа причинности. Именно последовательное проведение в решении этого вопроса принципа причинности и учет непрерывно-дискретного характера пространственно-временной структуры цепей причинения позволяет сделать следующее заключение: в пределах пространственно-временных квантов не только существуют пространство и время, но и сами пространство и время в пределах этих квантов имеют непрерывно-дискретную структуру.

Только что сделанный вывод, основывающийся на последовательном проведении принципа причинности в вопросе о структурных особенностях пространства и времени микромира, указывает на несостоятельность попыток представлять пространственно-временные формы микрообъектов как чисто дискретные. Поскольку вопрос о существовании дискретных элементов в структуре пространственно-временных форм микрообъектов уже поставлен на повестку дня, следует особо подчеркнуть, что попытки решения этого вопроса, основывающиеся на представлении о чистой дискретности, лишены каких-либо серьезных оснований и вряд ли смогут увенчаться полным успехом. Лишь учет двух противоречивых моментов — непрерывности и дискретности в структурных особенностях пространственно-временных форм микрообъектов — может привести к адекватной картине пространственно-временных

отношений в этой области материального мира. Единство непрерывности и дискретности должно выступать в качестве важнейшего методологического принципа при разработке проблемы пространства и времени микромира.

В свете этого заключения предложенная нами мысль о связи корпускулярно-волновых свойств микрообъектов со свойствами пространственно-временных форм их существования представляется удовлетворительной, ибо она рассматривает в диалектическом единстве моменты непрерывности и дискретности в структурных особенностях пространства и времени микромира.

С точки зрения гносеологии бесспорный интерес представляет вопрос о путях дальнейшего развития познания пространственно-временных форм существования микрообъектов. Однако этот вопрос является другим выражением вопроса о различных формах внутренней взаимосвязи и преемственности физических теорий. Одной из таких форм является принцип соответствия. Во всех предложенных к настоящему времени гипотезах и теориях пространства и времени микромира принцип соответствия выполняется совершенно четко. Выполнимость принципа соответствия в этих гипотезах свидетельствует о том, что им так или иначе руководствуются при построении новой теории пространства и времени микромира. Как было установлено, проблема структурных особенностей пространства и времени микромира может быть решена только на пути синтеза у них свойств дискретности и непрерывности. Поэтому новая теория пространства и времени микромира должна отражать в себе эти противоречивые моменты. Принцип же соответствия должен выступать как один из важнейших регулятивных принципов построения новой теории, которая более полно сможет отразить специфику пространственно-временных отношений в микромире.

---

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение		3
Глава I. Непрерывность и дискретность пространства и времени как формы существования материи		7
1. Пространство и время как всеобщие формы существования материи		7
2. Непрерывность пространства и времени		18
3. Дискретность пространства и времени		26
4. Единство свойств непрерывности и дискретности пространства и времени		31
5. Пространство и время как совокупность определенных свойств, отношений и состояний материальных объектов		36
6. Состав и строение индивидуального времени объектов		41
7. Индивидуальное Пространство — Время как единство дления и бренности объекта		49
Глава II. Зарождение и формирование идеи дискретности пространства и времени в теории элементарных частиц		70
1. Пространство и время в классической физике и теории относительности		70
2. Возникновение идеи дискретности пространства и времени микромира		77
3. Гипотезы квантования пространства и времени микромира		86
4. Пространство и время микромира в нелокальных теориях		95
5. Корпускулярно-волновой дуализм микрообъектов и пространство — время микромира		101
6. Гипотезы квантования пространства и времени и проблема единства непрерывности и дискретности		116
7. Метрика индивидуальных Пространственно-Временных структур микрообъектов		122
Глава III. Непрерывно-дискретное пространство и время микрообъектов и причинность		125
1. Характер пространственно-временной структуры цепей причинения		125

2. Пространственно-временная структура цепей причинения и непрерывно-дискретная структура пространства — времени микромира . . . . .	135
3. Непрерывно-дискретные пространство и время как «резонатор» в процессах рождения нестабильных микрочастиц (резонансов) . . . . .	148
Глава IV. Роль принципа соответствия в решении проблемы непрерывности и дискретности пространства и времени микромира . . . . .	151
1. Всеобщий характер принципа соответствия . . . . .	151
2. Действие принципа соответствия в современных теориях пространства и времени микромира . . . . .	154
3. Эвристическое значение принципа соответствия в развитии теорий пространства и времени микромира . . . . .	153
Заключение . . . . .	160

Виталий Иванович Жарков  
**НЕПРЕРЫВНО-ДИСКРЕТНЫЕ ПРОСТРАНСТВО  
И ВРЕМЯ МИКРООБЪЕКТОВ**

Ответственный редактор  
Иван Васильевич Кузнецов

**www.infanata.org**

Электронная версия данной книги создана исключительно для ознакомления только на локальном компьютере! Скачав файл, вы берёте на себя полную ответственность за его дальнейшее использование и распространение. Начиная загрузку, вы подтверждаете своё согласие с данными утверждениями! Реализация данной электронной книги в любых интернет-магазинах, и на CD (DVD) дисках с целью получения прибыли, незаконна и запрещена! По вопросам приобретения печатной или электронной версии данной книги обращайтесь непосредственно к законным издателям, их представителям, либо в соответствующие организации торговли!

**www.infanata.org**

Замеченные опечатки			
Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
7	Заглавие, 3 сверху	как формы	как форм
43	14 снизу	$(t)$	$(t_i)$
45	9 сверху	$t^{K_1}; t^{K_2}; \dots t^{K_n} =$ $= t^{L_1}; t^{L_2}; \dots t^{L_n},$	$t_{K_1}; t_{K_2}; \dots t_{K_n} =$ $= t_{L_1}; t_{L_2}; \dots t_{L_n},$
49	Заглавие, 2 сверху	объектов	объекта
49	10 снизу	свойств, объекта	свойств объекта
91	сноска 42	УНФ	УФН

В. И. Жарков «Непрерывно-дискретные пространство и время микрообъектов»

И. Шумаков  
 Елистратова  
 Я. М. Мочалов

Сдано в набор 20 июля 1970 г. Подписано к печати 6 января 1971 г. МН03591. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
 10,5 печ 9,5 л. уч.-изд. л. Заказ 1338. Тираж 2300. экз. Цена 60 коп.  
 Издательство «Наука», Сибирское отделение, Новосибирск, Советская, 18.  
 Тип. НИИЖТа, г. Новосибирск, 23, ул. Дуси Ковальчук, 191.