

НОВОЕ
В ЖИЗНИ



НАУКЕ
ТЕХНИКЕ

В. С. ГОТТ

ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ МИКРОМИРА

II СЕРИЯ · ФИЛОСОФИЯ · 1964



4

Доктор философских наук,
профессор
В. С. ГОТТ

ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ МИКРОМИРА

**ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Москва 1964**

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Диалектико-материалистическое учение о пространстве и времени	3
Пространственные и временные представления в классической и релятивистской физике	10
Поле, вещество, пространство и время	13
Роль вариационных принципов в учении о пространстве и времени	19
Взаимосвязь законов сохранения со свойствами пространства и времени	22
Законы сохранения в физике микромира и свойства пространства и времени	26
Перспективы в развитии учения о пространстве и времени в микромире	36

ВЛАДИМИР СПИРИДОНОВИЧ ГОТТ

Научный редактор *Э. П. Андреев*

Редактор *В. Ф. Поляков*

Техн. редактор *Л. Е. Атрощенко*

Корректор *А. А. Пузакова*

Обложка *С. Пивоварова*

Сдано в набор 7.II. 1964 г. Подписано к печати 23.III. 1964 г. Изд. № 80.
 Формат бум. 60×90¹/₁₆. Бум. л. 1,25. Печ. л. 2,5. Уч.-изд. л. 2,50.
 А02828. Цена 8 коп. Тираж 34.300 экз. Заказ № 523.

Опубликовано: темплан 1964 г. № 151.
 Издательство «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.

Типография изд-ва «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.

ДИАЛЕКТИКО-МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКОЕ УЧЕНИЕ О ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ

В произведениях классиков марксизма-ленинизма, а также в ряде исследований советских философов¹, обобщивших новые данные естествознания, дается широкое понимание объективной диалектики пространственно-временных отношений.

В. И. Ленин в работе «Материализм и эмпириокритицизм» писал: «Учение о пространстве и времени неразрывно связано с решением основного вопроса гносеологии: представляют ли из себя наши ощущения образы тел и вещей, или тела суть комплексы наших ощущений»². Отсюда следует, что все многочисленные точки зрения на сущность пространства и времени в философском смысле могут быть разделены на материалистические и идеалистические.

Опираясь на достижения науки и практики, диалектический материализм показал, что пространство и время это объективные, независимые от человека и его сознания формы бытия материи. «Наши развивающиеся понятия времени и пространства, — писал В. И. Ленин, — отражают объективно-реальное время и пространство...»³. Более того, пространство и время являются основными формами существования материи, ее атрибутами. В отличие от механицистов, метафизических материалистов, рассматривающих пространство как неподвижное, независимое от материиместилище вещей и предметов, диалектический материализм показывает зависимость свойств пространства и времени от движущейся материи. В естествознании мысль о возможной зависимости свойств пространства от происходящих в нем физических процессов возникла в работах Н. И. Лобачевского. Именно им впервые в истории науки было высказано предположение о

¹ В. И. Свидерский. Пространство и время. М., Госполитиздат, 1958; Р. Я. Штейнман. Пространство и время. М., ФМ, 1962 и др.

² В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 166.

³ Там же, стр. 164.

существовании связи между геометрическими свойствами пространства и характером распределения в нем масс¹.

Пространственные соотношения это реальные соотношения взаимного положения (сосуществования) протяженных материальных образований; временные соотношения — столь же реальные соотношения длительности, следования друг за другом материальных процессов. Пространство и время как философские категории отображают объективно существующие пространство и время как формы бытия движущейся материи. «Разумеется, обе эти формы существования материи, — писал Ф. Энгельс в «Диалектике природы», — без материи суть ничто, пустые представления, абстракции, существующие только в нашей голове».

Пространство и время по своей природе и абсолютны и относительны. Абсолютность пространства и времени состоит в том, что они являются атрибутами материи, коренными, основными формами ее бытия. Относительность пространства и времени заключается в зависимости их свойств от свойств конкретных форм движущейся материи.

Вечность существования и неисчерпаемость материи определяют безграничность, бесконечность пространства, времени и неисчерпаемость их свойств. Бесконечность и безграничность пространства — это не одно и то же. Безграничность означает просто отсутствие границ. Например, движение по окружности не наталкивается ни на какие границы, и в этом смысле окружность безгранична; но она не бесконечна, так как длина ее измеряется вполне определенным конечным числом. Так же безгранична, но не бесконечна, шаровая поверхность. Неевклидова геометрия (например, геометрия Римана) показывает, что возможно существование трехмерного замкнутого пространства, которое будет безгранично, но не бесконечно. Конечное и бесконечное не являются какими-то застывшими, раз навсегда данными, неизменными сущностями. Бесконечность выступает как постоянное самоотрицание, движение конечного. Если представить себе бесконечность неизменной, застывшей, то она тем самым уже оказалась бы ограниченной в своем состоянии, оконченной.

Диалектический материализм отвергает метафизическую трактовку пространства, согласно которой как бы далеко мы ни углублялись в просторы вселенной или в недра атомов и «элементарных» частиц, мы всюду будем встречаться с однородными пространственными отношениями, с одинаковыми известными нам телами и закономерностями. Единство мира не

¹ См. Г. А. Курсанов. О значении идей Н. И. Лобачевского для развития материалистических представлений о пространстве в современной науке. Сборник «Философские вопросы физики и химии», Свердловск, АН СССР, 1959.

следует понимать как единообразие его строения. Напротив, единство мира предполагает неисчерпаемость движущейся материи и таких форм ее существования, как пространство и время. Понятие пространства включает общее свойство бесконечного множества сосуществующих тел определенным образом ограничивать друг друга и вместе с тем продолжать друг друга.

Понятие времени отражает процесс изменения материи со стороны отношений следования. Это длительность материальных объектов в их собственном бытии, длительность, зависящая от отношений данного тела к другим телам, а также от характера процессов, происходящих в нем. Представления и понятия человечества о времени, развивающиеся в ходе познания действительности, все в большей степени отражают объективные временные процессы.

Чрезвычайно важной характеристикой времени является его направленность от настоящего к будущему. Обратное движение от будущего к прошлому исключено. Эта проблема и в физике и в философии наименее изучена. В теории «элементарных» частиц некоторые физики (Э. Шредингер, Г. Моргенау и другие) пользуются понятиями «произвольного направления времени», «вероятности, похожей на призраки», определяющей направление движения электронов. Однако введение этих понятий не облегчает решения проблемы однонаправленности времени, а создает дополнительные трудности. Совершенно безошибочно можно утверждать только то, что направление течения процессов в природе не зависит от сознания познающих субъектов, а причину асимметричности времени еще предстоит отыскать.

Как хорошо известно, развитие материи, превращение одних ее форм в другие определяются борьбой внутренних противоположностей. Изменчивость свойств пространства и времени находится в прямой зависимости от развития материи. Внутренние для материи противоречия проявляются во внутренней противоречивости пространства и времени. Анализ этих противоречий приводит нас к выводам, которые в значительной степени требуют еще подтверждения наукой, о чем и пойдет речь дальше.

Общей чертой пространства и времени является единство моментов изменчивости и устойчивости их свойств.

Бесконечность пространства складывается из конечных протяженностей отдельных материальных объектов, а времени — из конечной длительности отдельных материальных процессов. Противоречивость пространства связана с протяженностью и структурностью, противоречивость времени — с бесконечной длительностью и сменой моментов. Протяженность и длительность это формы выражения непрерывности, а структурность и моменты — прерывности. Исследования в области

микромира уже принесли большое количество научных фактов, показывающих наличие противоречивой сущности исследуемых материальных объектов (например, дуализм волны (непрерывное) и частицы (прерывное) и т. д.), находящихся свое отображение в категориях прерывного и непрерывного.

Правильное решение проблемы прерывности и непрерывности возможно только на основе диалектического учения о единстве и «борьбе» качественных и количественных определенностей предметов и явлений.

Непрерывность — это сохранение данного качества в процессе определенного количественного изменения.

Прерывность — это изменение качественного состояния в существовании вещей, процессов, явлений.

Действительность постольку прерывна, поскольку она разнокачественна, и постольку непрерывна, поскольку она однокачественна. Она относительно устойчива и абсолютно изменчива, что отражено в законах диалектики. Прерывность и непрерывность находятся в диалектическом единстве и «борьбе»; их единство относительно, а «борьба» абсолютна. Качественное изменение — это нарушение непрерывности, порождение прерывности. Непрерывное — это сохранение качества при изменении количества.

Еще Ф. Энгельс обратил внимание на то, что связь прерывности и непрерывности будет играть решающую роль в микромире. Он писал, что «новая атомистика отличается от всех прежних тем, что она (если не говорить об ослах) не утверждает, будто материя только дискретна, а признает, что дискретные части различных ступеней... являются различными узловыми точками, которые обуславливают различные качественные формы существования всеобщей материи вплоть до такой формы, где отсутствует тяжесть»¹.

Таким образом, непрерывное превращение форм движения материи представляет собой бесконечный ряд существования одних количеств и качеств и возникновения других. Каждый переход — это скачок, прерыв определенной конкретной непрерывности. При этом прерывность выступает как момент разрешения внутренних противоречий определенного качества, которые обуславливают это качество и готовят его переход в другое. Один и тот же процесс в различных конкретных отношениях в одно и то же время имеет характер как качественных, так и количественных изменений, т. е. выступает как прерывный и непрерывный.

Если принять, что некоторая величина и прерывна и непрерывна, то при этом предполагается свободный переход от одного качественного состояния к другому. Но бесконечное и непрерывное деление абстрактно и нереально, так как тогда

¹ Ф. Энгельс. Диалектика природы. Госполитиздат, 1955, стр. 236.

неограниченные количественные изменения не смогут вызвать качественных изменений.

Уже в XIX веке учение об атомах было надежно экспериментально обосновано, были также открыты электроны — мельчайшие частицы, носители элементарного отрицательно-го электрического заряда. Казалось, что предела делимости заряда, массы и других характеристик «элементарных» частиц в природе не существует. Только после того как М. Планк показал, что энергия излучателя всегда является кратной от величины $h\gamma$ (где γ — частота излучения, а h — новая физическая постоянная), в физику вошло представление о прерывной величине. Свет, который рассматривался как непрерывный колебательный процесс, оказался связанным с корпускулярной (прерывной) характеристикой — планковской постоянной $h = \frac{E\lambda}{c}$, где E — энергия фотона — кванта света, λ — длина световой волны, а c — скорость света в пустоте. Анализ вышеприведенной формулы показывает, что h — есть произведение энергии на время (действие). Числовая величина h равна $6,6237 \cdot 10^{-27}$ эрг·сек. В дальнейшем выяснилось, что представление о кванте действия (постоянной Планка h) существенно необходимо для описания движения микрообъектов, для теории атомов и молекул. Отличие движения микрообъекта от движения макрообъекта или квантовой механики от классической (ньютоновской) механики связано с квантом действия. Если при движении микрообъекта действие (произведение энергии на время) значительно больше кванта действия, то его движение выражается законами классической механики. Если же действие мало, сравнимо с квантом действия, то движение микрочастицы характеризуется качественно новыми свойствами, а именно дуализмом волны и частицы, и это движение уже описывается законами не классической, а квантовой механики.

В прерывных элементах имеются однокачественные количества — непрерывность, но прерывность едина с непрерывностью, так как она является прерывностью именно данной непрерывности, т. е. имеет единую с ней меру.

Понятия прерывное и непрерывное связаны с понятиями абсолютное и относительное, а именно: пространство и время как всеобщие формы существования движущейся материи абсолютны, так как являются условиями ее существования, но как формы существования материи они вполне определены конкретными видами движущейся материи, т. е. прерывны, зависят от свойств движущейся материи.

Прерывность материальных состояний вносит в непрерывность пространства дискретность. Например, конечная протяженность предметов создает прерывность в непрерывном про-

странстве. Начало и конец процесса вносят прерывность и в непрерывный ход времени.

В. И. Ленин подчеркивал важность признания единства прерывности и непрерывности пространства и времени для понимания сути движения. «Движение есть единство непрерывности (времени и пространства) и прерывности (времени и пространства). Движение есть противоречие, есть единство противоречий»¹.

Признание того, что мир есть движущаяся материя, неизбежно означает признание объективного существования основных форм, в которых происходит движение материи, иными словами, означает признание объективного существования пространства и времени. Поэтому диалектико-материалистическое решение основного вопроса философии неразрывно связано с диалектико-материалистическим взглядом на пространство и время. Отказ от признания объективного существования пространства и времени означает отказ от материалистического решения основного вопроса философии. Отсюда вытекает и то, что вопрос о причинности, как о средстве раскрытия основного вопроса философии, также неразрывно связан со взглядами на пространство и время.

Критикуя Дюринга, В. И. Ленин писал: «Не признавая — или, по крайней мере, не признавая ясно и отчетливо (ибо Дюринг шатался и путал по этому вопросу) — объективной реальности времени и пространства, Дюринг не случайно, а неизбежно катится по наклонной плоскости вплоть до «конечных причин» и «первых толчков», ибо он лишил себя объективного критерия, мешающего выйти за пределы времени и пространства»². Дюринг не смог отделаться от «первого толчка», поскольку он непоследовательно проводил принцип вечного и бесконечного существования материи как основного условия для правильного решения вопроса о причинности.

Основой существования причинной связи, выражающейся в том, что в процессе развития материи одни явления производят, вызывают другие, является объективное существование пространства и времени. Действие причин во времени и пространстве ведет к тому, что это действие обладает пространственной и временной характеристикой.

Подводя итоги вышесказанному, необходимо подчеркнуть, что диалектико-материалистическое понимание сущности пространства и времени и их соотношения с материей и движением заключается в признании того, что пространство и время

¹ В. И. Ленин. Соч., т. 38, стр. 253.

² В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 164.

являются атрибутами, способом бытия движущейся материи, и этот важный методологический вывод подтверждается данными всей физики и служит отправным пунктом для обобщения новых данных, получаемых современной физикой. Нарушение этих диалектико-материалистических представлений о соотношении материи, движения, пространства и времени неизбежно приводит к идеалистическому и метафизическому искажению проблемы. Это хорошо понимают враги марксизма. Так, известный «критик» марксизма Густав Веттер пишет: «...что, однако, является главной ошибкой учения диалектического материализма о пространстве и времени, так это то, что... в основе его лежит та же материалистическая предпосылка о материальности всякого бытия»¹.

Откажитесь от материалистического решения основного вопроса философии, призывает Веттер, и тогда учение о пространстве и времени можно будет «согласовать» с учением отцов церкви. Но так как у него нет надежды на то, что представители диалектического материализма откажутся от материалистического решения основного вопроса философии, то он пытается сделать это за них. «В основе своей, — пишет Веттер, — воззрение диалектического материализма на пространство и время совпадает с воззрением схоластики, для которой пространство и время есть мысленные предметы с вещественной основой (*eius rationis cum fundamento in res*), содержащие в себе, следовательно, объективное и субъективное. Объективная сторона, вещественная основа понятия пространства есть протяженные материальные предметы, понятия времени — последовательность состояний предметов. Эти понятия являются субъективными, мысленными предметами, поскольку мы воспринимаем, вернее, представляем пространственное разветвление и временное чередование как что-то существующее само по себе и от вещей независимое»².

Нет нужды опровергать утверждение Веттера о совпадении воззрений диалектического материализма и схоластики на пространство и время, ибо оно нелепо и бездоказательно; его утверждения о субъективности понятий пространства и времени типичны для идеализма, и их подвергли убийственной критике классики марксизма-ленинизма задолго до того, как в рядах идеалистов появился господин Веттер.

Современные идеалисты, как и их предшественники, ведут борьбу против материализма, используя арсенал лжи и фальсификаций, прибегая к подмене понятий и извращенному истолкованию достижений естествознания.

¹ G. Wetter, *Der dialektische Materialismus*, Verlag Herder, Wien, 1952, стр. 241.

² Там же, стр. 239.

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ И ВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ В КЛАССИЧЕСКОЙ И РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ФИЗИКЕ

Дialeктико-материалистические представления о пространстве и времени связаны с естественнонаучными данными о свойствах пространства и времени.

При рассмотрении развития естественнонаучных представлений о пространстве и времени следует остановиться прежде всего на двух этапах: механике Ньютона и теории относительности.

В классической, ньютоновской, механике признается, что абсолютное пространство и время существуют объективно, но они рассматриваются в отрыве друг от друга и от движения материальных тел, считается, что тела и их движение не оказывают никакого влияния на течение времени и на свойства пространства, т. е. абсолютность пространства и времени понимается в механике Ньютона в смысле полной независимости последних от тел и процессов, самостоятельности пространства и времени по отношению к движущейся материи.

Абсолютное пространство и время, по Ньютону, непрерывны и неподвижны. Геометрия Евклида математически отображает свойства ньютоновского пространства. Отрыв в классической механике пространства и времени друг от друга и от движения тел связан с признанием возможности мгновенной передачи взаимодействия между телами. Эта возможность выражается в том, что любое явление может быть причиной любого другого, независимо от пространственного и временного интервала (расстояния) между ними. Так, если где-то во вселенной произошла космическая катастрофа, сопровождающаяся мощным радиоизлучением, то приборы на Земле должны, согласно принципу дальнего действия, в то же мгновение обнаружить его, в то время как на самом деле для передачи сигнала о происшедшем событии требуется время. Реальное взаимодействие тел не передается мгновенно; оно может передаваться от одного объекта к другому только за определенный промежуток времени и в определенном пространственном интервале. Поэтому признание возможности мгновенной передачи взаимодействия между телами, вытекающее из признания безотносительности пространства и времени к движению тел, являлось серьезным методологическим затруднением в классической механике. Преодоление этой трудности связано уже с созданием специальной теории относительности.

Теория относительности отбросила взгляд классической механики на пространство и время как на абсолютные, не связанные друг с другом и с движением материальных тел. Она показала, что абсолютного времени и абсолютного пространства в смысле безотносительности к движению материальных тел не существует, подтвердила на примере физических яв-

лений и конкретизировала основное положение диалектического материализма о пространстве и времени как о формах существования движущейся материи.

Опыт показывает, что законы природы одинаковы во всех системах, движущихся равномерно друг по отношению к другу. Этот опытный факт известен в науке как принцип относительности. Постулирование предельной скорости распространения взаимодействия (в отличие от ньютоновского дальнего действия) привело к установлению зависимости расстояний и промежутков времени для объектов, движущихся с большими (сравнимыми со скоростью света в пустоте) скоростями. Так как большинство скоростей, с которыми практически имеет дело человек в земных условиях, малы по сравнению со скоростью света ($c=300\,000$ километров в секунду), то механика Ньютона не теряет своего значения и сегодня, но в мире «элементарных» частиц, движущихся со скоростями, близкими к скорости света, приходится пользоваться специальной теорией относительности, которая объединяет в себе принцип относительности с конечной скоростью распространения взаимодействия.

При быстрых движениях размеры движущихся тел, масса, течение времени зависят от скорости движения этих тел по отношению к той системе отсчета, где они находились в покое. Так, длина стержня l_0 в системе, где он покоится, будет отличаться от длины его l в системе отсчета, движущейся по отношению к первой со скоростью v . Математически это выражается следующей формулой: $l_0 = l \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$, где c — скорость света в пустоте. Анализ этой формулы показывает, что наибольшую длину стержень имеет в той системе, где он покоится, а с возрастанием скорости движения его длина сокращается. Выводы специальной теории относительности подтверждены практикой и используются в технике и науке, хотя они и кажутся парадоксальными по сравнению с законами классической механики Ньютона. Особо важное практическое значение имеет установленная Эйнштейном взаимосвязь между энергией и массой тела: $E=mc^2$ (c — скорость света в пустоте).

Все эти формулы специальной теории относительности указывают на связь пространства и времени между собой и движущимися материальными объектами.

Реальное физическое пространство трехмерно. Это означает, что для определения положения данного тела по отношению ко всем остальным необходимо задание трех координат, отсчитываемых от какого-то неподвижного тела, выбранного за начало отсчета.

В специальной теории относительности взаимосвязь пространства и времени отражается математическим понятием четырехмерного континуума или четырехмерного простран-

ства («Мир Миньковского»), где роль четвертой координаты играет время. В теории относительности пользуются термином «пространство — время» (без союза «и») для подчеркивания неразрывности пространства и времени. Положение тела в четырехмерном пространстве (событие) определяется четырьмя величинами, образующими интервал (расстояние), величина которого остается неизменной (инвариантной) при переходе от одной к другой инерциальной системе отсчета.

Опираясь на опытный факт постоянства скорости света в любых системах отсчета, движущихся равномерно и прямолинейно по отношению друг к другу, теория относительности вскрыла конкретный характер связи пространства и времени с движением материальных объектов. Установив, что скорость света есть предельная скорость передачи взаимодействия, она показала, что причинная связь между явлениями не может осуществляться вне зависимости от определенной координации этих явлений в пространстве и времени.

Два события могут быть причинно связаны только в том случае, если луч света за промежуток времени между этими событиями проходит расстояние большее, чем расстояние между этими событиями или, по крайней мере, равное ему. В противном случае эти события не могут быть причинно связанными в силу больших расстояний и малых промежутков времени. Причинная связь могла бы иметь в этом случае место, если бы перенос взаимодействия между телами осуществлялся мгновенно, иными словами, если бы материальные процессы не координировались в пространстве и времени.

Общая теория относительности (более точно — теория тяготения), созданная А. Эйнштейном, установила неразрывную связь свойств пространства и времени с происходящими материальными процессами, тем самым она углубила представление о материи, как о конечной причине всех вещей.

Общая теория относительности была создана А. Эйнштейном на основе отказа от однородности пространства в целом и признания за ним известного рода однородности только в бесконечно малом. В физике под «пространством в целом» понимают такую область вселенной, чтобы на ее границах поле, создаваемое рассматриваемой группой тел, было практически равно нулю. Возьмем, к примеру, молекулу, состоящую из ряда атомов. Для этой системы материальных тел и полей «пространством в целом» будет являться часть вселенной с линейными размерами порядка микрона, а если мы возьмем солнечную систему, то для нее эти размеры будут порядка тысячи миллиардов километров. Точно так же относительно и содержание понятия «бесконечно малое». В каждом конкретном случае надо определять содержание тех понятий, которыми оперирует исследователь. Размеры атома по отношению к его центральной части—атомному ядру—достаточно

велики. Ядро атома в 10 тысяч раз меньше, чем диаметр атома, но по отношению к размерам солнечной системы размеры атома и его ядра являются бесконечно малыми величинами.

Утверждение Эйнштейна о том, что в бесконечно малом участке пространства — времени имеет место однородность, покоится на возможности замены поля тяготения вблизи данной точки пространства в данный момент времени полем ускорения, что связано с хорошо известным опытным фактом равенства массы инертной и массы весомой (гравитационной).

Обобщение специальной теории относительности на любые виды движения при условии равенства инертной и гравитационной массы позволило Эйнштейну установить связь гравитации с искривлением пространства — времени, выражаемую так называемым уравнением Эйнштейна.

Основные физические понятия, характеризующие пространство и время, это расстояние и промежуток времени. В механике Ньютона расстояние и промежуток времени имели одно и то же значение во всех системах отсчета, в специальной теории относительности они уже зависят от движения системы по отношению к той системе отсчета, где тела, между которыми измеряются расстояния, покоились. Кратчайшие расстояния и в первом и во втором случае измерялись отрезками прямых линий, т. е. геометрия этих пространств была Евклидова. В общей теории относительности (при наличии гравитационных полей) пространство — время искривляется. Пространство в общей теории относительности уже не евклидово, а описывается геометрией Римана.

Общая теория относительности является дальнейшим и более фундаментальным естественнонаучным подтверждением истинности общего положения диалектического материализма о том, что пространство и время суть формы бытия движущейся материи. Метрика пространства — времени оказывается зависимой от совокупности и движения тяготеющих масс.

Известные эффекты общей теории относительности (отклонение луча света от прямолинейности вблизи тяжелых масс, «красное смещение» и др.), особенно с использованием эффекта Мэссбауэра, получили подтверждение; однако вопросы о равенстве инертной и гравитационной массы, о зависимости постоянной тяготения от времени имеют большое значение как для дальнейшего развития теории гравитации, так и для развития теории «элементарных» частиц.

ПОЛЕ, ВЕЩЕСТВО, ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ

При изучении движущейся материи в науке сложилось ее разделение на поле и вещество, причем эти формы материи до самого последнего времени изучались обособленно, для

каждой были созданы свои теории движения. И это вполне понятно — электромагнитное поле и физические тела, с которыми имела дело классическая физика, обладают настолько различными законами движения, что почти невозможно уловить какое-либо сходство этих законов. Но с углублением наших знаний о микропроцессах, понятия вещества и поля претерпели столь глубокую эволюцию, что в настоящее время разделение материи на вещество и поле можно считать оправданным в основном только в макропроцессах и почти полностью потерявшим свой смысл в явлениях микромира. Как это происходит со всеми научными понятиями, постепенно стала ясна условность такого разделения и были установлены границы его применимости.

Классическая механика Ньютона и теория относительности внесли огромный вклад в понимание некоторых видов движения материи, но они остаются в основном теорией макропроцессов; они изучают движение бесструктурных физических тел, причем телам любых размеров от гигантских космических тел до «элементарных» частиц классическая теория приписывает качественно одинаковые законы движения.

За последние несколько десятилетий эта классическая точка зрения не раз вступала в серьезные противоречия с новыми фактами. Подтвердилось предсказание диалектического материализма о неисчерпаемом количественном и качественном многообразии материи и форм ее движения, в частности о том, что «атомы отнюдь не являются чем-то простым, не являются вообще мельчайшими известными нам частицами вещества»¹. Было установлено, что атом является сложным динамическим образованием из ядра и электронов, в свою очередь ядра имеют не менее сложную структуру и состоят из таких «элементарных» частиц, как нейтроны и протоны. Ныне стало известно и сложное строение протона.

Опыты по рассеянию быстрых электронов на протонах (ядрах атома водорода) рисуют нам следующую картину строения протона: в центральной части имеется своего рода ядро — «кern» — с радиусом $\sim 2 \cdot 10^{-14}$ см (радиус протона $\sim 10^{-13}$), внешнюю область занимает мезонное облако (мезоны — «элементарные» частицы, занимающие по своей массе промежуточное место между легкими — электрон и тяжелыми — протон — «элементарными» частицами). Однако еще совершенно не ясно, какими свойствами обладают пространство и время в таких малых объемах и малых ($\sim 10^{-24}$ сек) промежутках времени, каким закономерностям движения подчиняются структурные элементы «элементарных» частиц. Классическое представление о том, что целое больше, чем каждая составляющая его часть, что данный объект состоит

¹ Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1955, стр. 216.

из других объектов, судя по всему, лишено смысла в применении к структуре протона и других «элементарных» частиц, так как каждый из «конструктивных элементов» протона по своим «размерам» не уступает целому.

Наблюдение за поведением микрообъектов показало, что они обладают двойственной корпускулярно-волновой природой и что законы механики Ньютона не отражают их движения. Была создана специальная механика — квантовая механика со своим очень сложным математическим аппаратом. В основу этого аппарата положена особая функция ψ , при помощи которой описывается состояние системы микрообъектов в данный момент времени. Функция ψ есть функция координат и времени, и называется она волновой функцией. В квантовой механике из величин, измеряемых на опыте, строится функция ψ , квадрат модуля которой определяет вероятность значений координат системы. Задание этой функции в некоторый момент времени не только описывает все свойства системы в этот момент, но и определяет ее поведение также и в будущие моменты времени.

Все квантовые явления, как мы об этом уже говорили, характеризуются квантом действия — \hbar . Если не учитывать квантованности явлений (т. е. $\hbar=0$), то мы совершим переход от квантовой к классической механике.

До возникновения физики атомов, атомных ядер и «элементарных» частиц наука знала два вида полей: электромагнитное и гравитационное. Мы уже знакомы с очень важным свойством гравитационного поля формировать и определять геометрию пространства — времени, но эти эффекты наблюдаются в космических масштабах. В мире «элементарных» частиц роль гравитационных полей еще очень мало изучена. Следует сразу отметить то, что интенсивность гравитационного взаимодействия исчезающе мала по сравнению с интенсивностью электромагнитного взаимодействия.

Поле — это физическая реальность, играющая важную роль в физической картине мира. Взаимодействие между телами в каждый момент времени происходит таким образом, что одно тело взаимодействует с полем, а затем поле взаимодействует с другим телом. Переход в область атомных и ядерных пространств приводит к открытию новых свойств и новых физических полей.

Так, на расстояниях $\sim 10^{-8}$ см становятся существенными квантовые (прерывные) свойства электромагнитного поля, играющего важную роль в атомных масштабах. Кванты электромагнитного поля — фотоны — всегда движутся со скоростью света, они подчиняются законам теории относительности.

Открытие существования «элементарных» частиц и античастиц (протон — антипротон, нейтрон — антинейтрон, элект-

рон — позитрон и др.) привело к установлению принципиально нового явления: «рождения» и «исчезновения» пар частица-античастица при их взаимодействии. Например, при взаимодействии электрона с позитроном они «исчезают», но зато «рождаются» фотоны.

Кроме ранее известных электромагнитного и гравитационного полей, в физике «элементарных» частиц известен еще ряд полей: лептонное поле, мезонные поля и др.

Квантовая теория поля с единой точки зрения рассматривает все «элементарные» частицы; различие частиц, сказывается лишь в различии уравнений, которыми связываются соответствующие характеристики полей. Теперь уже нельзя сказать, что фотон — это поле, а электрон — частица. Понятия частицы и поля, которые раньше относили к различным физическим объектам, сливаются в единое понятие квантового поля как особой формы существования материи. Частица — это всего лишь особое состояние поля, квант поля. С точки зрения квантовой теории поля, нет принципиального различия между вакуумом и частицей, различие между ними — это различие между двумя состояниями одной и той же физической реальности. Вакуум — это состояние поля с наименьшей энергией. Реальность существования вакуума подтверждена опытным путем.

Наличие физического вакуума придает еще более конкретную форму положению диалектического материализма о пространстве и времени как коренных формах существования материи. Всегда в большей или меньшей степени было понятно, что вещество не может существовать вне пространства, но почему не может существовать пространство без материи, почему не может быть «пустоты» — это уже было менее доступным для понимания. Квантовая теория поля полностью изгоняет пустоту, она наглядно показывает, почему невозможно пространство без материи: «пустота» — это всего лишь особое состояние материи, а пространство — это форма существования материи.

Квантовая теория поля углубляет наше понятие частицы, проливает некоторый свет на необычность поведения микрообъекта, отраженную уже в квантовой механике. Обычное понимание частицы так или иначе сводится к ньютоновскому физическому телу, «плавающему» в «пустом» пространстве.

Такое понимание частицы соответствует определенной ступени познания объективной реальности — познанию явлений макромира. В области микромира классическое понятие частицы перестает быть адекватным отражением действительности. Реальная микрочастица движется не так, как к этому мы привыкли, наблюдая движение макротел. Она стала как бы сразу «заполнять» все пространство. С другой стороны, прежнее понятие поля также перестает соответствовать действи-

тельности: совершенно новым свойством стала дискретность, квантованность поля.

Это диалектическое единство двух, казавшихся ранее несвязанными и противоположными свойств (прерывности и непрерывности) является хорошим примером относительности и условности наших знаний, неполно отражающих диалектику природы. Если в макроусловиях вещество было для нас совокупностью обычных классических частиц, то в микроусловиях деление материи на вещество и поле теряет свой смысл. Новый объект, изучаемый квантовой физикой, — это уже не вещество и не поле, а диалектическое противоречивое единство того и другого. Микрообъект в зависимости от условий движения проявляет то одну, то другую сторону своих свойств, рассматриваемых ранее как различные свойства различных движений. Макроусловия — это и есть такие условия существования материи, в которых она проявляет, с практической точностью, лишь одну из этих сторон своих свойств (волновую или корпускулярную). Соответственно этому мы и называем такую форму материи веществом или полем.

Много времени потребовалось для того, чтобы осознать, что электромагнитное поле — совершенно новая форма материи и что не имеет смысла пытаться вывести законы ее движения из старой ньютоновской механики. Сейчас, при рассмотрении поведения микрообъектов, мы еще не можем полностью отказаться от привычных классических представлений о механическом движении, непроизвольно мы хотим «потребовать», чтобы что-то перемещалось в пространстве по привычным законам механики, чтобы мы всегда могли однозначно сопоставить с частицей именно эту, а не другую точку пространства. Трудно сейчас сказать, насколько «элементарны» свойства микрообъекта, но совершенно очевидно, что мы имеем дело с более сложной формой движения, чем формы движения, рассматриваемые в классической физике, и поэтому маловероятно, чтобы ее можно было свести к более простым, привычным для нас формам движения, с которыми мы давно уже имеем дело в макромире. Нам кажется, что классические идеи, понятия, с которыми имеют дело ньютоновская механика, теория относительности, классическая теория поля, уже настолько исчерпали себя в своих областях применения, что по крайней мере из них нельзя вывести квантовую механику.

Поясним, что мы имеем в виду. Любая логически непротиворечивая теория есть определенная ступень познания реальности, и, как таковая, она с хорошей степенью точности может объяснить вполне определенную область явлений. Часто оказывается, что теории, созданные на основании одних известных свойств материи, описывают хорошо и другие или даже правильно предсказывают наличие неизвестных еще свойств. Новые теории, более полно отражающие свойства материи,

имеют какой-то запас роста, улучшения, возможности получения из нее новых результатов. Совершенно очевидно, что этот запас конечен, и на какой-то ступени развития теории она уже ничего больше нового не может объяснить, а в какой-то области явлений она уже перестает соответствовать действительности. Так, когда стало очевидным, что материя может двигаться и не по законам механики Ньютона, пришлось признать наличие другой теории движения — классической электродинамики.

В то же время нельзя забывать, что в теориях микромира мы видим отражение того общего факта, что хотя микромир имеет свои собственные специфические закономерности, представляя собой качественно своеобразную форму движения материи, но его специфичность не абсолютна. Микромир внутренне связан с макромиром. В известных пределах мы можем непосредственно пользоваться для изучения явлений микромира понятиями и соотношениями, полученными как обобщение макроскопического человеческого опыта.

В начале XX века стало очевидным, что применимость отправных понятий классической физики в области микромира ограничена, и пришлось признать квантовую механику со всеми ее необычными идеями. Ныне уже квантовая механика оказалась бессильной объяснить целый ряд новых фактов, полученных в физике микромира. Существенные сдвиги в объяснении явлений микромира будут возможны, по-видимому, лишь при радикальном изменении всех существующих теперь теорий, а не путем их комбинаций, путем образования качественно новых понятий и идей, отражающих еще неизвестные свойства материи. Судя по многим данным современной физики «элементарных» частиц, в областях меньше 10^{-13} см следует ожидать проявления новых свойств пространства и времени, что найдет свое отражение и в соответствующей геометрии.

Накопление экспериментальных данных по физике «элементарных» частиц больших энергий создает, очевидно, необходимые предпосылки для новых теоретических обобщений. Особое внимание привлекают процессы взаимодействия частиц сверхвысоких энергий (сотни и тысячи миллиардов электроновольт), в результате которых происходит множественное рождение частиц.

Большой интерес представляют и теории множественного рождения частиц при сверхвысоких энергиях, ибо в них подвергаются испытанию и наши фундаментальные, привычные пространственно-временные представления на расстояниях, меньших 10^{-13} см, и для временных промежутков, меньших 10^{-23} сек.

При рассмотрении пространственно-временных представлений в микромире следует обратить внимание и на гравитационное поле. Важно отметить, что вопросу о квантовании

гравитационного поля, выяснению роли гравитации в релятивистской квантовой теории «элементарных» частиц уделяется в настоящее время все больше и больше внимания.

РОЛЬ ВАРИАЦИОННЫХ ПРИНЦИПОВ В УЧЕНИИ О ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ

Для того чтобы лучше разобраться в пространственно-временных представлениях современной теории «элементарных» частиц, нам придется совершить небольшой экскурс в прошлое, в частности рассмотреть эвристическое (теоретико-познавательное) значение вариационных принципов механики и связь законов сохранения со свойствами пространства и времени.

Еще в XVII веке в геометрической оптике был сформулирован принцип — принцип кратчайшего времени, или принцип Ферма (1662 г.). Содержание этого принципа состоит в том, что действительный путь, по которому свет проходит из одной точки в другую, есть тот путь, для прохождения которого свету требуется минимальное время по сравнению с любым другим геометрически возможным путем между этими же точками. Ферма писал, что «природа действует наиболее легкими и доступными путями, а отнюдь не более краткими»¹, как это думают многие. На основе принципа Ферма было показано, что синусы углов падения и преломления света обратны показателям преломления. Из оптики принцип кратчайшего времени был перенесен для решения задач в механику. В связи с тем что при постоянной скорости принцип кратчайшего времени переходит в принцип кратчайшего пути, в механике стали пользоваться последним.

Опираясь на труды Я. и И. Бернули, Лейбница и других ученых, Мопертюи сформулировал принцип наименьшего действия: «Если в природе происходит само по себе какое-либо изменение, то необходимое для этого количество действия есть наименьшее. Количество же действия определяется как произведение массы на скорость и пройденный путь»². Мопертюи видел основание принципа наименьшего действия в бесконечной мудрости творца и целесообразности устройства вселенной. Если у И. Бернули и И. Ньютона представление об осуществлении законов природы простейшим путем вытекало из их убежденности в существовании причинной динамической связи, то Мопертюи доказывал универсальный характер

¹ См. сборник «Вариационные принципы механики». М., ГИМФЛ, 1959, стр. 7.

² Там же, стр. 51.

этого принципа с помощью аргументов телеологического и теологического характера. Один из параграфов его работы «Законы движения и покоя, выведенные из метафизического принципа», называется «Изучение доказательств существования бога, извлеченных из чудес природы»¹.

Теологические воззрения Мопертюи были подвергнуты справедливой критике со стороны Д'Аламбера, Вольтера и многих других. Несмотря на свои идеалистические и теологические выводы, точнее, вопреки им, изучая объективную действительность, Мопертюи выдвинул важный для физики принцип минимума количества действия как универсальный закон природы.

Эйлер показал, что найти выражение, которое должно быть максимумом или минимумом для каждой данной частной задачи, можно тогда, когда уже известно решение этой задачи, проведенное исходя из обычных общих принципов механики, формулирующих причинно-следственные связи явлений. Эйлер развивает дальше, строго научно формулирует принцип наименьшего действия в механике. В современной форме, приданной этому принципу Лагранжем, принцип наименьшего действия дает метод решения проблем динамики. Принцип Лагранжа отображает причинно-следственную связь событий, он инвариантен по отношению к выбору координат, а потому широко используется в различных разделах теоретической физики, отображающих взаимосвязь различных видов движущейся материи, пространства и времени, и позволяет решать конкретные задачи движения для любой физической системы (непрерывная среда, гравитационное или электромагнитное поле и др.). Новая форма этому принципу была дана в исследованиях ирландского математика У. Гамильтона.

Цель этого чрезвычайно беглого обзора вариационных принципов механики сводится к тому, чтобы показать их эвристическое значение для всей физики. Можно утверждать, что принцип наименьшего действия Гамильтона отражает то общее, что свойственно всем физическим формам движения. Пользуясь методом аналогии, мы можем применять принцип Гамильтона не только в механике, но и в других разделах физики, прежде всего потому, что он в наиболее общей и абстрактной форме отображает сущность механической формы движения, которая в «снятом» виде входит в высшие формы движения. Вариационные принципы механики не только выражают в простой инвариантной форме уравнения движения и уравнения полей, но и включают в себе синтез дискретного и непрерывного движения и являются выражением обобщенного принципа причинности в физике.

¹ См. сборник «Вариационные принципы механики». М., ГИМФЛ, 1959, стр. 41.

Математики и физики на протяжении ряда столетий нащупывали связь между движением, пространством, временем, материальными телами и полями, что находило также свое выражение в установлении связей между геометриями и законами движения материальных объектов.

Немецкий математик Ф. Клейн в «Эрлангенской¹ программе» сформулировал принцип, согласно которому любая геометрия (элементарная, аффинная, проективная и др.) задается системой инвариантов относительно некоторой группы преобразований, причем изоморфные² группы, заданные на множествах различных геометрических объектов, соответствующей одной геометрии.

Таким образом, сущность «Эрлангенской программы» (1872 г.) Клейна сводится к тому, что свойства, изучаемые геометрией Евклида, — это свойства инвариантные (неизменные) относительно группы движения. В математике под группой понимается характеристика совокупности объектов, удовлетворяющая определенным условиям. В случае группы движений необходимо, чтобы результирующее движение двух последовательно выполненных движений принадлежало к первоначальной совокупности движений. Клейн рассматривал однородное пространство с помощью представления об инвариантности относительно преобразований соответствующей группы. Таким образом, механическое движение, составляющее группу движения, происходящее в однородном пространстве, отображается математически с помощью пространства Клейна. Можно показать, что пространство, с которым имеют дело в механике Ньютона и в специальной теории относительности Эйнштейна, — это пространство Клейна.

Следует сказать несколько слов и о геометрии Римана, играющей важную роль в теории относительности. Под пространством Риман понимает любое многообразие непрерывно изменяющихся величин, характеризующих тем или иным «набором координат» и определенным законом измерения расстояний между двумя бесконечно близкими точками (метрика пространства). В этой геометрии существует очень важное понятие — понятие кривизны пространства — меры отклонения геометрических свойств данного пространства от евклидова пространства.

В XX веке неоднократно предпринимались попытки синтезировать основные идеи Римана и Клейна. Среди этих попыток следует упомянуть работы Вейля и Картана.

Мы думаем, что последующие исследования микромира,

¹ Ф. Клейн. Сравнительное обозрение новейших геометрических учений. Сборник «Об основаниях геометрии». М., Гостехиздат, 1956.

² Любую систему объектов S' изоморфную (подобную по форме) системе S можно рассматривать как «модель» системы S и сводить изучение самых разнообразных свойств системы S к изучению свойств «модели» S' .

несомненно, принесут новые, необычные факты о структуре и свойствах пространства и возможно, что именно геометрические представления, являющиеся синтезом идей Римана и Клейна, отобразят противоречивые свойства пространства микромира.

Программа Ф. Клейна имеет большое философское, методологическое значение, ибо она показывает связь между теорией групп (одна из наиболее абстрактных областей математики) и геометрией. Тем самым наносится еще один удар кантовскому априоризму. Кант считал, что пространство и время постигаются не путем опыта, а интуитивно, что они являются априорными формами человеческого созерцания, предшествующими всякому опыту.

Исходя из программы Клейна, можно утверждать, что геометрические свойства тел выражаются в терминах инвариантов группы и допускают изоморфную подстановку элементов пространства, в котором реализуется группа, и, следовательно, не зависят от самих геометрических объектов. Применительно к физике это означает, что различные законы сохранения интерпретируются как свойства симметрии относительно различных групп.

Современная физика прежде всего имеет дело со следующими группами: группа Лоренца специальной теории относительности и группа непрерывных преобразований общей теории относительности.

Физика должна формулировать законы природы так, чтобы они не зависели от произвольного выбора исследователем системы координат. Физический закон должен быть инвариантным относительно той или иной группы преобразований координат. Эти преобразования (оставляющие инвариантными физические законы) должны быть выражением каких-то фундаментальных свойств материального мира. Инвариантность является необходимым, хотя и недостаточным условием истинности сформулированных физических законов. То, что те или иные законы инвариантны лишь по отношению к тем или иным преобразованиям, введенным как логическое обобщение опытных данных, указывает на определенные границы, на сферу применения этих законов.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ЗАКОНОВ СОХРАНЕНИЯ СО СВОЙСТВАМИ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ

Современная физика показывает, что к числу наиболее общих характеристик пространства и времени относятся свойства симметрии (однородность и изотропность пространства, однородность времени).

Однородность времени означает, что ход физических явлений в одних и тех же условиях, в различное время их наблюдения одинаков.

Так, например, открытый много лет назад закон Бойля—Мариотта может быть при создании условий, аналогичных тем, при которых он был открыт в прошлом, вновь подтвержден. Однородность пространства состоит в том, что ход физических процессов в различных участках пространства одинаков. Это значит, что в одних и тех же условиях эксперимент в Москве, Киеве, Ташкенте, Бостоне дает один и тот же результат.

Изотропность пространства означает, что в нем нет избранных направлений.

Если бы эти свойства симметрии пространства и времени отсутствовали, то познание действительности было бы чрезвычайно затруднено.

В физике уже давно пользуются законами сохранения и превращения энергии, импульса, момента количества движения. Они были установлены опытным путем и играют огромную роль в познании материальной действительности.

В связи с тем, что законы сохранения и прежде всего законы сохранения классической физики (массы, энергии, импульса, момента количества движения) отражают несотворимость и неуничтожимость материи и движения, они должны быть как-то связаны со свойствами пространства и времени. И действительно, почти 50 лет назад немецкий математик Эмми Нетер показала, что эти законы связаны с симметрией пространства, а также со свойствами времени. Так, закон сохранения энергии связан с однородностью времени, закон сохранения импульса — с однородностью пространства. Эти свойства пространства и времени отражаются в принципах симметрии.

До появления квантовой механики принципы симметрии в физике не приобрели большого распространения, и их значение многими учеными не было по достоинству оценено. Однако в ходе развития физики, особенно физики «элементарных» частиц, возрастает и значение принципов симметрии в познании природы.

Сущность вышеупомянутой теоремы Э. Нетер¹ состоит в том, что «всякому непрерывному преобразованию координат, обращаемому в нуль вариацию действия, при котором задан также закон преобразования функций поля, соответствует определенный инвариант, т. е. сохраняющаяся координация функций поля и их производных»².

¹ E. Nöether, Göttingen Universität Nachrichten, 1918, стр. 235.

² См. Боголюбов, Широков. Введение в теорию квантованных полей. 1957, стр. 20.

Это означает, что наличие определенных законов сохранения у материальной системы связано со свойствами материи, движением, пространством, свойствами симметрии, так что преобразование координат, не нарушающее симметрии системы, оставляет неизменной и функцию Лагранжа, а из этого факта следует существование определенного интеграла движения. В применении к классической механике это приводит к следующим выводам: если материальная система изолирована или находится в постоянных внешних условиях, то функция Лагранжа не зависит явно от времени; значит, она не изменится при переходе от одного момента времени к любому следующему; как следствие инвариантности функций Лагранжа по отношению к бесконечно малому изменению времени получаем сохранение полной энергии системы в этом случае.

Аналогичным образом бесконечно малое смещение замкнутой системы как целого не вносит никаких физических изменений в ее свойства, откуда вытекает сохранение импульса. Наконец, закон сохранения момента замкнутой системы вытекает из инвариантности ее функций состояния относительно бесконечно малых поворотов.

Таким образом, формально-математические операции, связанные со свойствами симметрии, непрерывными преобразованиями координат, преобразованиями функции поля, являются отражением объективных свойств материи, движения, пространства-времени и наиболее общих законов, законов сохранения, выражающих в своей совокупности неуничтожимость материи и ее свойств. Обнаруживается органическая связь между свойствами симметрии пространственно-временной области, соответствующей данной системе, и существованием инвариантных характеристик у этой материальной системы.

В реальном мире свойства пространства-времени определяются, несомненно, свойствами движущейся материи, и потому здесь не существует пространства в строгом смысле однородного и изотропного; в больших космических масштабах пространство-время «искривляется» благодаря наличию гравитирующих масс, его свойства зависят также и от космических электромагнитных полей, образованных движением заряженных частиц; в микроскопических масштабах пространство-время, судя по некоторым данным, также не является однородным и изотропным.

Тем не менее абстрактное понятие однородного и изотропного пространства-времени во многих случаях можно считать очень хорошим приближением к действительности, и тогда поведение материальных объектов, находящихся в таких областях пространства и отрезках времени, будет адекватно описываться с помощью соответствующих законов сохранения.

Понятие об однородности и изотропности пространства есть только часть абсолютной истины, ибо свойства реального пространства и времени более многогранны, но для тех областей пространства, с которыми мы имеем дело в физике макромира, а также и в микромире положения об однородности пространства-времени с большой степенью точности подтверждаются экспериментально. Совершенно ясно, что содержание законов сохранения и превращения по мере развития науки будет углубляться и расширяться, как и содержание тех понятий, о которых идет речь в законах сохранения, т. е. будет проходить диалектический процесс познания, увеличения суммы относительных истин, ведущий нас к познанию абсолютной истины¹.

Предстоит огромная совместная творческая работа философов, физиков, астрофизиков, представителей других наук по обобщению новых данных о пространстве и времени, формах движущейся материи, изучаемых в микромире и в космосе.

Создание теории микропроцессов проходило на базе новых экспериментальных данных и основных законов, прежде всего законов сохранения классической физики. Поскольку законы сохранения (массы, энергии, импульса, момента количества движения) неразрывно связаны с весьма общими свойствами симметрии пространства и времени, эти законы сохранения универсальны, они являются основными законами физики и действуют во всех разделах. Физики-теоретики, опираясь на законы сохранения, принцип симметрии, пользуясь методом аналогий, путем введения особых математических функций, физическое содержание которых часто было неясно и их творцам, путем наложения часто теоретически необъяснимых, но соответствующих эксперименту запретов продвигаются вперед в познании законов микромира.

Особо важное значение в создании теории микропроцессов сыграли не только известные из классической физики законы сохранения, содержание которых в квантовой механике было обогащено, а форма претерпела изменения, но и новые законы сохранения — закон сохранения спина, изотопического спина, четности, странности, барионного заряда, лептонного заряда и др.²

Следует подчеркнуть, что это произошло потому, что микромир имеет отличные от макромира не только количественные, но и качественные характеристики. Ему присущи такие свойства и качества, которые отсутствуют в макромире.

¹ См. В. С. Готт, А. Ф. Перетурин. К вопросу о всеобщем характере закона сохранения и превращения энергии. М., «Философские науки», № 2, 1963 г.

² См. Ю. В. Новожиллов. Элементарные частицы. М., ФМ, 1963.

Квантовая механика внесла много нового не только в понимание уже известных законов сохранения. Обобщая экспериментальные материалы, она привела к открытию новых сохраняющихся величин, причем, как это мы сейчас покажем, во всех случаях факт сохранения определенной величины связан с существованием определенной симметрии системы.

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В ФИЗИКЕ МИКРОМИРА И СВОЙСТВА ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ

В настоящее время человечеству известно свыше 30 «элементарных» частиц, которые можно сгруппировать в следующие «семейства»: лептоны (легкие частицы), мезоны (средние по массе частицы), гипероны (тяжелые частицы). В семейство лептонов входят: нейтрино (двух сортов; частицы, не имеющие заряда и массы покоя), электрон, мю-мезоны (μ -мезон имеет массу покоя ~ 200 электронных масс).

Семейство мезонов — пи-мезоны (π -мезон — масса от 264 до 273), К-мезоны (массы от 966 до 974) и группа очень коротко живущих мезонов («резонансные» частицы); время жизни $\sim 10^{-23}$ сек; массы от 1080 до 1700 электронных масс.

Семейство гиперонов: протон (масса 1836,1), нейтрон; лямбда-гиперон (масса 2182); сигма-гипероны (масса от 2327 до 2340); кси-гипероны (массы от 2565 до 2580 электронных масс).

Особое место среди «элементарных» частиц занимает фотон, как «элементарная» частица (квант) света. Он не имеет массы покоя, но обладает энергией и импульсом.

Все «элементарные» частицы имеют своих антиподов — античастицы, отличающиеся от соответствующих частиц зарядом, а для нейтральных частиц и античастиц — направлением в пространстве особых квантовых характеристик.

«Элементарные» частицы обладают как привычными для нас макроскопическими характеристиками, так и «дикивинными», присущими только микрообъектам. Привычными характеристиками являются: масса, электрический заряд, энергия, импульс, момент количества движения, но все эти величины очень малы по сравнению с макроскопическими масштабами. Так, масса электрона равна $9 \cdot 10^{-28}$ г; это исчезающе малая величина в сравнении с массой тела в 1 г. Протон имеет массу почти в 2000 раз большую, чем масса электрона; это «тяжеловес» по сравнению с электроном, но его масса только $\sim 10^{-25}$ г.

При знакомстве со специфическими характеристиками «элементарных» частиц мы прежде всего остановимся на спине. В механике, при рассмотрении вращающегося вокруг

собственной оси тела, мы пользуемся понятием момента количества движения. Всем известно, что если, скажем, запустить волчок, то чем больше число его оборотов вокруг собственной оси, тем больше его устойчивость или момент количества движения.

Исследования поведения «элементарных» частиц привели к выводу, что они обладают собственным моментом количества движения, который называли спином (от английского слова, означающего «веретено»). Но спин — это особая квантово-механическая характеристика «элементарных» частиц, не допускающая классической интерпретации, тесно связанная с сущностью, природой «элементарных» частиц. Так, протоны, электроны, нейтроны, мю-мезоны имеют спин, равный $1/2$, фотоны и некоторые другие частицы («резонансные» мезоны) имеют спин, равный ψ , спины пи- и К-мезонов равны нулю.

Особой характеристикой «элементарных» частиц является четность их состояния. Мы уже знакомы с волновой функцией, являющейся функцией от координат частицы.

Важную роль в физике «элементарных» частиц играет преобразование инверсии (изменение знаков всех координат). В классической механике этому преобразованию не соответствовал никакой интеграл движения (т. е. закон сохранения). Зато в квантовой механике этому преобразованию соответствует понятие четности и сохранение ее для замкнутой системы или системы, находящейся в центрально-симметричном поле. Значение закона сохранения четности для изучения свойств микромира чрезвычайно велико.

Четность частицы показывает, как изменяется при отражении всех координат (замене их знаков, например «+» на «—») волновая функция (ψ -функция) частицы, с помощью которой в квантовой механике отображают движение частиц. Предположим, что мы произвели отражение предмета в зеркале (это равносильно замене «+» знака координат на «—»).

Полученное отражение будет двойником этого предмета, но отражение и отражаемый объект отличаются тем, что правая сторона («+») объекта совпадает с левой («—») стороной отражения. Четность, таким образом, связана с зеркальной симметрией, т. е. с представлением о том, что законы природы не изменяются, если заменить все явления на их зеркальные отражения, или иначе: «правое» и «левое» равноценны. Эта связь выражается в законе сохранения четности.

Если состояние замкнутой системы обладает определенной четностью, то эта четность сохраняется.

Все эксперименты в области ядерных и электромагнитных взаимодействий свидетельствовали и свидетельствуют о строгом выполнении закона сохранения четности, являюся подтверждением принципа зеркальной симметрии.

Говоря о взаимодействии «элементарных» частиц, следует различать три типа этих взаимодействий.

Сильные взаимодействия обуславливают ядерные силы (между протонами и нейтронами), образование мезонов и гиперонов при высоких энергиях в результате столкновения «элементарных» частиц.

Электромагнитное взаимодействие — это взаимодействие электромагнитного поля со всеми заряженными частицами.

Слабые взаимодействия обуславливают медленные распады частиц (например, β -распад элементов).

Взаимодействия имеют определенные временные характеристики. Сильные взаимодействия или быстрые процессы характеризуются временами $\sim 10^{-23}$ сек, электромагнитные $\sim 10^{-20}$ сек, слабые взаимодействия — медленные процессы $\sim 10^{-8}$ сек.

Среди слабых взаимодействий лучше всего исследован β -распад. Накопившиеся к 1956 году экспериментальные данные не давали повода сомневаться в строгом соблюдении закона сохранения четности. Однако к этому времени были получены и новые сведения, упорно заставляющие задуматься над тем, действительно ли четность сохраняется при всех взаимодействиях. В самом деле оказалось, что К-мезоны, считавшиеся ранее различными в силу различия в способах распада (продукты распада имеют различную четность), имеют одинаковые, в пределах ошибок эксперимента, массы.

Таким образом, возникает дилемма: либо четность не нарушается и это разные частицы, что противоречит экспериментальному факту равенства их масс, либо же одинаковые частицы и тем самым четность не сохраняется, что противоречит привычным представлениям, выработанным на протяжении всего хода развития теоретической физики. Поэтому высказывались сомнения относительно точности обсуждаемых экспериментов. Тем временем китайскими теоретиками Ли Цзун-дао и Янг Чжень-нин, работающими в США, была предложена смелая гипотеза, согласно которой в слабых взаимодействиях закон сохранения четности не выполняется. Исходя из этого общего положения, они указали конкретные эффекты из области β -распада и распада мезонов и гиперонов, которые могли бы дать прямое подтверждение или опровергнуть их предположение.

Поставленный группой Ву¹ эксперимент с β -распадом ориентированных ядер кобальта подтвердил несохранение четности.

Несохранение четности можно наглядно представить следующим образом: если перед зеркалом поставить шар и рас-

¹ См. «Новые свойства симметрии элементарных частиц», М., ИИЛ, 1957, стр. 69.

смотреть его изображение (т. е. перейти от одной системы координат, например, левой к правой), то в зеркале мы увидим не этот шар, а предмет, имеющий правизну-левизну. Шар, как тело идеальной симметрии, не имеет правизны-левизны, любые части его поверхности тождественны друг другу. Тело, обладающее правизной-левизной, не является симметричным. Таким образом, предмет (шар) — симметричный, а его зеркальное отображение — не симметричное, т. е. нарушается симметрия пространства, появляется неравноправность левой и правой системы координат.

Все вышесказанное приводит к выводу, что простой отказ от принципа четности противоречит фундаментальным представлениям о свойствах пространства, его изотропности, проявляющейся в строгом выполнении закона сохранения момента. Закон зеркальной симметрии говорит о том, что для мира, отраженного в зеркале, действительны те же законы. Однако это очевидное положение оказалось верным только приближенно. Выход из создавшегося положения был предложен впервые академиком Ландау¹, независимо от него к аналогичным результатам пришли Ли и Янг.

Л. Ландау предположил, что слабые взаимодействия нарушают не только закон сохранения четности, но и симметрию частиц и античастиц, которая приводит к строгому закону сохранения в случае сильных взаимодействий; зато им постулировалась инвариантность законов природы относительно комбинации обоих преобразований, которая была названа комбинированной инверсией.

Таким образом, Ландау, а затем Ли и Янг, ввели новый, более общий закон симметрии — закон сохранения комбинированной инверсии, но об этом будет идти речь впереди.

Привычное человечеству понятие симметрии пространства при слабых взаимодействиях теряет свой смысл. Подобно тому как в теории тяготения (общей теории относительности) нельзя рассматривать чистую протяженность, а ее нужно связывать со временем и распределением масс, так и при слабых взаимодействиях симметрия пространства (одно из важных свойств пространства) неразрывно связана с наличием частиц и античастиц, т. е. закон комбинированной инверсии является новым отображением зависимости свойств пространства от материальных объектов и их свойств в микромире. В физике микромира сделан еще один крупный шаг по пути вскрытия диалектической связи между коренными атрибутами материи — пространством и временем и самой материей.

Рассмотренные законы сохранения энергии, импульса, мо-

¹ Л. Ландау. Журнал экспериментальной и теоретической физики, 32, в. 2, 406, 1957.

мента и четности непосредственно связаны со свойствами симметрии пространства-времени, выражающимися в его однородности и изотропности.

Пространственно-временные свойства материальных объектов являются наиболее общими, и потому так велико значение упомянутых законов в познании материальных процессов и структуры самой материи. Однако в природе существуют и другие виды симметрии, обусловленные строением материальных объектов. Соответствующие им законы сохранения отражают непосредственную структуру этих объектов, их природу. Таковы зарядовая симметрия и изотопическая инвариантность.

Дальнейшее теоретическое осмысливание свойства симметрии в природе, существование симметрии частиц — античастиц, привело к необходимости ввести новое понятие — зарядовой сопряженности — «мыслимое» преобразование, при котором все частицы заменяются на античастицы, а античастицы заменяются на частицы, так что все электрические заряды и магнитные моменты, а также электромагнитные поля меняют знак. При этом уравнения, описывающие движение системы, должны быть инвариантны относительно зарядового сопряжения. В частности, должны быть равны по величине заряды и массы частицы и античастицы, спины и магнитные моменты.

Поведение системы частиц и античастиц отображается теорией вторичного квантования с ее операторами «рождения» и «поглощения» частицы или античастицы. Античастица вводится как частица зарядово сопряженная собственно частице. Основное свойство античастицы — способность к аннигиляции с частицей. Отсюда вытекает правило при написании реакций с частицами — каждую из них можно переносить в другую сторону равенства, заменяя на античастицу.

Незаряженные частицы, переходящие при зарядовом сопряжении сами в себя, называются истинно нейтральными — это фотоны и нейтральные (лишенные электрического заряда) пи-мезоны.

Итак, инвариантность относительно зарядового сопряжения имеет место как в электромагнитных, так и в сильных взаимодействиях. Ландау предположил, что для слабых взаимодействий она несправедлива, как и сохранение четности, но зато имеется инвариантность по отношению к одновременной операции инверсии и замены частиц на античастицы (и наоборот) — так называемой комбинированной инверсии. При этом пространство остается полностью симметричным, асимметричными же являются частицы. Эта симметрия в такой же мере не затрагивает симметрии пространства, как ее не затрагивает существование химической стереоизомерии.

В итоге гипотеза комбинированной инверсии устраняет

трудность с асимметричным пространством и переносит ответственность за эту асимметрию на частицы как на ее материальные носители. Эта привлекательная концепция получила многочисленные экспериментальные подтверждения.

Следует заметить, что предложение Ландау о комбинированной инверсии сохраняет наши привычные представления о пространственно-временном континууме, но оно не является единственно возможным объяснением полученных экспериментальных данных.

Иной подход по сравнению с Ландау, Янгом и Ли к вопросу о слабых взаимодействиях сделали Койш и И. С. Шапиро. Они пришли к мысли о неориентируемости или односторонности пространства в областях, значительно меньших, чем длина, характерная для ядерных и электромагнитных взаимодействий. Шапиро высказывает предположение, что к очень малым областям пространства ($\sim 10^{-13}$ см) понятия правой и левой стороны не имеют применения, и тогда преобразования пространства самого в себя путем вращения и инверсии не различимы одно от другого.

Закон сохранения четности и комбинированная инверсия имеют большое философское значение, как еще одно новое доказательство противоречивой природы развития материи и таких основных форм бытия, какими являются пространство и время.

Законы сохранения раскрывают новую форму действия закона единства и борьбы противоположностей, с помощью которого в конечном счете можно будет понять закономерности бытия частиц и античастиц. Нарушение закона сохранения четности—новое доказательство неисчерпаемости свойств и качеств объективного мира.

Даже приведенные нами очень ограниченные сведения по физике «элементарных» частиц показывают, что в современной физической литературе уделяется огромное внимание принципу симметрии и законам сохранения, особенно в квантовой механике, квантовой электродинамике и теории «элементарных» частиц. Совместное и раздельное применение известных законов сохранения, отыскание новых инвариантных величин являются прекрасной иллюстрацией действительности ленинской теории познания как стихийного, так и сознательного применения диалектического метода.

Сейчас физики, изучая микромир, проводя эксперименты и обобщая полученные результаты, вскрывают внутреннюю противоречивость объектов, отражают «борьбу» и единство противоположностей в мире «элементарных» частиц и полей, «борьбу» и единство прерывности и непрерывности, «правизны» и «левизны», симметрии и асимметрии. Открывая новые характеристики материи и движения, пространства и времени, физики всего мира идут по пути отыскания более общих зако-

нов природы, частными проявлениями которых в конкретных условиях будут известные ныне законы сохранения и другие законы физики. Известный физик Д. Вик в статье «Инвариантные свойства ядерных систем»¹ дает хороший обзор экспериментальных данных и теоретических вопросов, связанных с законами сохранения. Он говорит, что ядерная физика не принимает принципа симметрии полностью из классической физики, а пытается открыть новые инвариантные принципы, чтобы удовлетворить новым закономерностям и скрытым свойствам симметрии, которые существуют, но не проявляются в явлениях обычной макроскопической шкалы.

В то же время, очевидно, еще не все возможности, связанные с представлениями симметрии в классической физике и теории относительности, использованы до конца. Рассмотрению этих возможностей посвящены статьи Каттанео², де Бройля, Вижье³ и других. Авторы предлагают рассматривать в качестве элементарных носителей материи не материальные точки, а релятивистские ротаторы в мире Минковского. Они считают, что дальнейшее развитие этой теории позволит понять природу многих квантовых понятий, не выходя из привычных рамок мира Минковского.

Можно назвать еще ряд специальных работ, в которых рассматриваются вопросы симметрии и законы сохранения. Для многих из них характерен смелый поиск новых решений, применение самых абстрактных разделов математики.

Анализ любого эксперимента современной ядерной физики и физики «элементарных» частиц всегда содержал два основных этапа: применение законов сохранения и других общих законов квантовой теории (общие теоремы о сечениях, принцип детального равновесия и т. п.) и рассмотрение изучаемого явления с точки зрения того или иного предположения относительно характера взаимодействия.

Рассмотрение известных в настоящее время законов сохранения показывает их исключительное значение в познании объективных явлений природы, показывает неразрывную связь теории и практики.

Эти законы отражают взаимосвязь различных конкретных форм материи и движения, пространства и времени, особо подчеркивают наличие в природе многообразных форм симметрии.

В. И. Ленин отмечал «бесконечность материи вглубь»; несомненно, что исследование структуры «элементарных» частиц, их взаимодействий приведет к открытию новых инвариантных характеристик движения, а также прольет дополни-

¹ См. «Проблемы современной физики». М., ИЛ, № 3, 1959.

² Cattaneo C., *Nuovo cimento*, 1959, 1, 13.

³ L. Broglie, H. Pizze, J. Vigier, *C. r. Acad. Sci* 1959, 249.

тельный свет на механизм действия известных законов сохранения.

Все известные в настоящее время явления и процессы в физике удовлетворительно согласуются с представлением о том, что пространственно-временной континуум непрерывен. Однако есть основание ожидать, что реальное физическое пространство-время имеет не только непрерывную, но и дискретную структуру. Возможно, что в дальнейшем при получении новых экспериментальных данных о структуре «элементарных» частиц, о внутриядерных силах и других свойствах микромира расширятся наши представления о пространстве и времени, а приближенные представления о непрерывном пространстве-времени станут более точными, учитывающими его дискретность, симметрия, несомненно, окажется более сложной.

На примере открытия и развития законов сохранения в физике и их применения к обобщению новых экспериментальных фактов и созданию теорий видна вся противоречивость, сложный характер, диалектика процесса познания человеком явлений природы.

В явлении может быть много противоречий, порожденных наличием многих сторон, свойств неисчерпаемой материи. В конкретных условиях всегда существуют противоположности, «борьба» между которыми и определяет собой главную линию, основную тенденцию развития явления. Одним из ярких проявлений единства и борьбы противоположностей является единство и «борьба» симметрии и асимметрии¹.

Существование законов симметрии находится в полном соответствии с нашим жизненным опытом. Понятия о простейших симметриях — изотропности и однородности пространства — появились на заре человеческого сознания.

Инвариантность законов механики при переходе к равномерно движущейся системе координат (известная так же, как инвариантность относительно преобразования Галилея) явилась первым примером симметрии. Эта симметрия является одним из исходных принципов ньютоновской механики. Следствия, вытекающие из этого принципа симметрии, интенсивно разрабатывались физиками в прошлом веке и дали ряд важных результатов.

Создание специальной и общей теории относительности привело к тому, что законы симметрии приобрели новое значение: между законами симметрии и динамическими законами физики связь оказалась значительно более тесной и взаимопределяющей, чем в классической механике.

¹ См. В. С. Готт. Симметрия и асимметрия. Сборник «Некоторые категории материалистической диалектики». М., Росвузиздат, 1963.

Один из принципов симметрии — симметрия между левым и правым — так же стар, как и человеческая цивилизация. Вопрос о том, проявляется ли в природе подобная симметрия, подробно обсуждался естествоиспытателями и философами как в прошлом, так и в настоящее время. Как известно, до последнего (1956 г.) времени в физике существовало твердое убеждение об однородном и изотропном пространстве. В связи с тем, что в этом пространстве все точки и направления равнозначны, казалось, что правое и левое это относительные понятия. Опыты, подтвердившие несохранение четности при слабых взаимодействиях, породили сомнение в нерушимости наших представлений об однородности и изотропности пространства, а также относительности понятий «правое» и «левое». Но еще задолго до этого вопросы, связанные с «правизной» и «левизной», были предметом обсуждения среди ученых¹.

«Правое» и «левое» являются относительными понятиями в том смысле, что безразлично, что назвать правым и что левым в момент установления этих понятий, но они в то же время и абсолютны, так как не являются тождественными, отличаются друг от друга. Условным, например, является то, что мы нейтрон называем частицей, а антинейтрон — античастицей, можно было бы назвать их и наоборот, но по существу нейтрон и антинейтрон отличаются по своей спиральности (правый и левый винт). «Правое» и «левое» это не интуитивные, априорные понятия, как, например, утверждал Кант², а отражение реального отличия в реальном, объективно существующем мире.

Понятия «симметрия» и «асимметрия» не полно отражают существующую в реальном мире симметрию и асимметрию; они развиваются и обогащаются по мере развития человеческих знаний. Как показывает история науки, принцип симметрии, с помощью которого можно объяснить многие существующие в объективном мире явления и предсказывать новые, давно уже взят на вооружение исследователями природы. Таким образом, не при помощи идеи симметрии устанавливается порядок «создания», а сами симметрии и асимметрии есть объективное свойство материального мира, никем не созданного и существующего вечно, развивающегося по внутренним, ему присущим законам. По вопросу о симметрии сейчас, как и на протяжении всей истории познания, идет борьба между материализмом и идеализмом. Она особенно обостряется в современных условиях идеологической борьбы между социа-

¹ H. Weyl. Symmetry, Princeton, 1952, pp. 16—39. W. Ludwig. Rechts-links Problem in Tierreich und beim Menschen, Berlin, 1932. K. L. Wolf, R. Wolf. Symmetrie, Köln, 1956. Л. Витгенштейн. Логико-философский трактат. М., ИЛ, 1959, стр. 93.

² И. Кант. Пролегомены. Огиз. М.—Л., 1934, § 13, стр. 151—156.

лизмом и капитализмом на международной арене. Отсутствие у большинства видных ученых капиталистического мира знаний в области марксистской диалектики, стремление их к мнимой беспартийности, делает их легкой добычей для представителей господствующих течений идеалистической философии. Вот почему такие ученые, как Г. Вейль, В. Гейзенберг, П. Дирак и многие другие, хорошо понимающие эвристическое значение принципа симметрии для математики и физики, вместо диалектико-материалистического разбора действия и содержания этого принципа прибегают к идеалистическим спекуляциям, отдавая дань официальной философии капиталистического мира. Так, например, Г. Вейль считает, что исследование вопросов симметрии ведет к признанию платоновской идеи великой математической всеобщности.

«Я склонен вместе с Платоном, — пишет Вейль, — думать, что математическая идея является общим источником происхождения обоих (природы и человека. — В. Г.). Математические законы, управляющие природой, являются источником происхождения симметрии в природе, интуитивная реализация идеи в создающем разуме художника — источник ее происхождения в искусстве»¹. Это типично идеалистические утверждения, которые с таким мастерством в свое время разоблачал В. И. Ленин. Он писал, что «идея, будто познание может «создавать» всеобщие формы, заменять первичный хаос порядком и т. п., есть идея идеалистической философии. Мир есть закономерное движение материи, и наше познание, будучи высшим продуктом природы, в состоянии только отражать эту закономерность»².

Г. Вейль, положив в основу объективного мира идею, математический закон, симметрию, приходит с неизбежностью к ряду идеалистических выводов при рассмотрении симметрии. К сожалению, в капиталистическом мире Вейль не одинок в своих попытках истолковать симметрию как что-то несвойственное природе. Используя выдающиеся достижения современной математики, оперирующей с абстрактными понятиями, отдельные ученые Запада пытаются оторвать эти абстракции от реальной действительности, отображением которой они являются, и тем самым скатываются на позиции идеализма. Разочаровавшись в позитивизме, ощущая необходимость в философии и не зная диалектического материализма, ряд ученых Запада ориентируется на импонирующую им систему объективного идеализма Платона. Недаром такие выдающиеся современные физики и математики, как Гейзенберг и Вейль, всячески пропагандируют возвращение на философские позиции Платона.

¹ H. Weyl, *Symmetry*, Princeton, 1952, pp. 6—8.

² В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 156.

ПЕРСПЕКТИВЫ В РАЗВИТИИ УЧЕНИЯ О ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ В МИКРОМИРЕ

Установленные теорией относительности конкретные свойства пространства и времени подтверждают, более глубоко раскрывают такие их важнейшие универсальные свойства, как объективность, абсолютность, относительность, единство, различие, взаимозависимость, специфичность пространственно-временных форм, отражающих в своей сущности и свойствах закономерности связи явлений.

Следует сразу обратить внимание на тот факт, что и специальная и общая теория относительности отражают только часть свойств конкретных форм пространства-времени, являющихся, в философском смысле, только относительными истинами.

В современной физике «элементарными» частицами (протоны, электроны, нейтроны, мезоны, гипероны и др.) называют такие частицы, которые в конкретных физических процессах принимают участие как целое. Возникает вопрос о размерах «элементарных» частиц. Если бы «элементарные» частицы имели конечные размеры, то они должны были бы деформироваться, так как понятие деформации тела связано с перемещением его составных частей. Согласно специальной теории относительности в природе не могут существовать абсолютно твердые тела, т. е. все тела деформируются. Это доказывается следующим образом: пусть мы имеем тело конечных размеров и воздействуем на него извне в какой-то точке. Так как воздействие от этой точки к другим, расположенным внутри тела, будет передаваться с конечной скоростью, то точки тела не могут начать двигаться все одновременно, а это значит, что тело деформируется. Таким образом специальная теория относительности утверждает, что «элементарные» частицы не могут иметь конечных размеров и должны рассматриваться как безразмерные, т. е. как геометрические точки. Этот вывод находится в противоречии с известными экспериментальными фактами, свидетельствующими как о наличии конечных размеров «элементарных» частиц, так и о их сложной внутренней структуре. Представление об «элементарных» частицах как о геометрических точках, которым пользовались в квантовой механике, теории относительности, в классической механике оказывается неприменимым в теории «элементарных» частиц, а введение в теорию представления о конечных размерах «элементарных» частиц приводит к серьезным и пока не устраненным трудностям в построении теории.

Развивающаяся физика микромира поставила перед учеными задачу создания новой физической теории, объединяющей квантовую механику с теорией относительности. Создание квантовой теории поля — важный шаг на пути решения этой

задачи, но уже при совершении этого нового шага физики встретились с трудностями, которые свидетельствуют о том, что еще недостает знаний о конкретных свойствах пространства-времени, материи и движения на более глубоких, чем «элементарные» частицы, уровнях материального мира.

Среди многочисленных попыток преодолеть трудности теории микромира следует назвать гипотезу элементарных, далее неделимых расстояний и элементарных интервалов времени, т. е. гипотезу дискретного пространства и времени, которая своими корнями уходит в античные времена.

Если существует минимальная длина, то это должно привести к ряду следствий, в частности взаимодействие электрона с вакуумом должно быть ограничено, так как виртуальные фотоны, излучаемые электроном, не могут пройти путь меньше, чем минимальное пространственное расстояние, а это ведет к ограничению собственной энергии электрона конечным значением. Наличие элементарной длины ведет к наличию и минимальной длительности, равной времени прохождения виртуальным фотоном минимального расстояния.

Исходя из неразрывной связи материи и коренных форм ее существования — пространства и времени, можно ожидать, что единство прерывного и непрерывного в строении материи должно найти свое отображение и в структуре пространства и времени. В конкретных условиях, для конкретных форм материи это единство (прерывного и непрерывного) должно проявляться и в конкретных формах прерывного и непрерывного в структуре пространства и времени.

Структурность «элементарных» частиц и их взаимопревращаемость наводят на мысль о наличии особого пространственного интервала, близкого к «размеру» этих частиц, т. е. 10^{-13} см. В «объеме» пространства значительно меньшем, чем 10^{-13} см, в интервале времени 10^{-23} сек происходят процессы «порождения» и «исчезновения» конкретных «элементарных» частиц, которые и определяют свойства этих пространственных и временных интервалов. Но законно встает вопрос: а какие внутренние свойства могут существовать у этого элемента пространства? И здесь прежде всего возникает представление об отсутствии в этом объеме правизны и левизны. Если мы мысленно разделим четырехмерную элементарную ячейку на две части — правую и левую, то так как в этом объеме нет частиц, меньших по своему объему, чем весь элемент, то невозможно отличить правую половину от левой при помощи движущейся частицы¹. Движение в этом элементе пространства-времени это превращение одних частиц и полей в другие, т. е. новая форма движения, изучение которой только начинается.

¹ См. Б. Кузнецов. Эволюция картины мира. М., АН СССР, 1961. стр. 342.

Мы уже указывали, что «элементарные» частицы нельзя рассматривать как «состоящие» из других частиц. Если взять нейтрон, который спонтанно превращается в протон, излучая электрон e^- и нейтрино γ ; $n \rightarrow p + e^- + \gamma$, то здесь имеет место не излучение готовых частиц, а «рождение» новых частиц. Здесь мы уже имеем дело не с механикой системы тождественных себе частиц, а с системами, где само число частиц есть величина переменная, природа их изменчива (от частиц, обладающих массой покоя и зарядом, до частиц, лишенных этих атрибутов). Эта система обладает неограниченно большим числом степеней свободы, что делает ее более родственной полям, чем механическим системам материальных частиц.

Важной характеристикой, отграничивающей устойчивые частицы от состояний, в которых они приобретают возможность взаимопревращений, является энергия. Если энергии становятся сравнимыми с энергией покоя частиц, то все частицы уподобляются фотонам: рождаются, исчезают и превращаются друг в друга. Поэтому при этих больших энергиях (свыше миллиона электроновольт) более целесообразно говорить об электронно-позитронном поле, о мезонном поле, о поле протонном или нейтронном, нежели о системе данных частиц. Но пока над нами довлеют то непрерывная, то дискретная картины и мы как-то очень приблизительно отображаем в физических теориях их диалектическое единство. Мы понимаем, что подходим к этим сложным и противоречивым явлениям односторонне. В понимании этой односторонности, ограниченности наших сегодняшних знаний — залог того, что диалектико-материалистическая физическая теория «элементарных» частиц, пространства и времени будет создана. Но для этого необходимо глубокое знание материалистической диалектики и творческое использование ее при обобщении данных современной физики микромира. На этом единственно верном пути находятся физики нашей страны, передовые ученые всего мира.

В квантовой теории поля высказываются некоторые соображения, которые основываются на неточном совпадении инертной и гравитационной масс. Существующие опытные данные (особенно опыты Этвиша) позволяют утверждать, что с точностью до $0,5 \cdot 10^{-8}$ в отношении гравитационной массы к инертной нет разницы.

Дирак, Иордан и Дике¹ высказали идею об изменении постоянной тяготения — K со временем. Напомним, что K — это постоянная, входящая в закон всемирного тяготения Ньютона. Значительно раньше (1937—1938 гг.) Дирак разделил безразмерные константы физики на два класса: малые и большие. К первому он, например, отнес постоянную тонкой струк-

¹ См. Rev. Mod. Phys. 1957, 5, 29.

туры спектров, а ко второму — отношение кулоновской и ньютоновской потенциальной энергии $\sim 10^{40}$. Следствием этой гипотезы является предположение о том, что константы второго класса (большие) убывают со временем. Такие важные константы физики «элементарных» частиц, как фермиевская постоянная слабой связи, зоммерфельдовская постоянная тонкой структуры, должны также меняться со временем. Изменение $\alpha = 1/137$ со временем привело бы к сдвигу ядерных уровней, а это вызвало бы изменения в определении времени жизни метеоритов и различных земных горных пород¹.

Дж. Уилер в ряде работ² предпринял попытку чисто геометрического описания гравитации, электромагнетизма, зарядов и «геонов», которые предлагает включить в систему «элементарных» частиц. «Геоны» — это некое образование из нейтрино, существующее благодаря их взаимному гравитационному притяжению. В связи с тем что гравитационные силы на много порядков меньше, чем другие действующие между «элементарными» частицами, в современных теориях они не учитываются. Между тем, с методологической точки зрения, это вызывает определенное возражение. В самом деле, гравитационные силы связывают все без исключения тела природы, они всеобщи, закон тяготения связан со свойствами пространства, а значит, и с материей. В этом смысле тяготение есть одна из характеристик материального единства мира.

Д. И. Иваненко указывает, что, «несмотря на наличие общих глубоких трудностей, присущих квантовой теории поля и связанных с расходимостями полевой массы, полевых зарядов и других констант связи, включение гравитации, которое при изолированном рассмотрении последней приводило бы к вполне аналогичным трудностям, напротив, может оказаться способным даже компенсировать расходимости в электродинамике и т. д.»³. Такое направление исследований, возможно, приведет к ликвидации еще одного «белого пятна» в сложной картине природы, ибо существующая ныне в теоретических построениях обособленность гравитации от других свойств движущейся материи представляется неудовлетворительной.

Дальнейшая разработка этих вопросов, как и высказанные соображения о том, что гравитационное излучение может иметь место лишь при наличии электромагнитных и других

¹ П. Иордан опубликовал ряд статей, где высказываются соображения о явлениях природы, подтверждающих гипотезу Дирака. Так, он считает, что уменьшение гравитационной константы ведет к постоянному расширению Земли, что подтверждается наличием системы трещин на дне океанов, увеличением радиуса земной орбиты и др. См. P. Jordan. *Rev. Mod. Phys.*, 1962, 4, 34.

² Сборник «Новейшие проблемы гравитации» М., ИЛ, 1961, 381—427.

³ См. «Новейшие проблемы гравитации». М., ИЛ, 1961, стр. 52

негравитационных сил, что заряженная частица при движении в гравитационном поле излучает электромагнитные волны, что возможно превращение гравитонов (квантов гравитационного поля) в позитрон — электронную пару и многие другие, представляют большой философский интерес. Они свидетельствуют о том, что объективно существующее материальное единство мира все больше и больше отображается в конкретных физических знаниях об окружающей природе. Диалектика прерывного и непрерывного, симметрии и асимметрии, как и других категорий материалистической философии, отображает диалектику процессов, происходящих в микро-, макро- и мегамирах, и отражает безграничное развитие вселенной. Особенно примечательным является представление об изменчивости сил гравитации, что даст новую аргументацию в пользу развития неорганического мира как в области космических, так и микрообъектов.

Материя движется в пространстве и во времени, и, следовательно, адекватное отображение этого движения должно быть пространственно-временным. Но из этого совсем не следует, что движение надо представлять себе по классическому образцу, т. е. что мы всегда сможем однозначно указать, с какой частью пространства связана частица. Отсутствие траекторий движения у микрочастиц противоречит только метафизическому способу мышления. Диалектический материализм говорит о всеобщей закономерной взаимосвязи всех явлений природы, но он не настаивает на какой-то универсальной математической формулировке детерминизма (типа лапласовского детерминизма) и даже категорически отвергает сведение сложных и многообразных связей в природе к механической причинности, подчеркивая, что «всесторонность и всеобъемлющий характер мировой связи, лишь односторонне, отрывочно и неполно выражаемый каузальностью»¹. По-видимому, дальнейшее развитие науки будет происходить не только путем радикального изменения основных принципов и понятий существующих теорий, но и путем дальнейшего углубления и развития наших представлений о причинности и о пространственно-временных отношениях движущейся материи.

¹ В. И. Ленин. Соч., т. 38, стр. 149.

8 коп.

**Индекс
72922**

**ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Москва 1984**