

*С. П. Методкин*

**Ф**

**ИЛОСОФСКИЕ  
ПРОБЛЕМЫ  
СОВРЕМЕННОЙ  
ФИЗИКИ**

СЕРИЯ II - 1966

**5**



**ФИЛОСОФИЯ**

С. Т. М е л ю х и н ,  
доктор философских наук

ФИЛОСОФСКИЕ  
ПРОБЛЕМЫ  
СОВРЕМЕННОЙ  
ФИЗИКИ

---

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»  
Москва 1966

**1M**

**M47**

## **Связь философии и физики**

---

Философия диалектического материализма представляет собой науку о всеобщих законах природы, общества и человеческого мышления, учение об универсальных свойствах движущейся материи. Она исследует такие стороны и законы действительности, которые проявляются во всех окружающих нас явлениях, в самом человеческом познании. В силу этого она выступает в качестве целостного синтетического мировоззрения, основывающегося на обобщении достижений всех наук о природе и обществе.

Физика как наука изучает свойства и законы движения материи преимущественно в неживой природе или же проявления данных законов в живых организмах (как, например, биофизика). Объектом физики являются конкретные, специфические свойства и законы движения элементарных частиц, атомов, молекул, макроскопических тел, космических систем различного порядка. С прогрессом науки в рамках физики выделилось множество самостоятельных направлений: механика, термодинамика, учение об электричестве и магнетизме, оптика, ядерная физика, теория элементарных частиц, теория относительности, механика сплошных сред, техническая физика, химическая физика, биофизика, астрофизика и др. Все эти науки исследуют проявления общих, элементарных законов движения материи в различных областях действительности или же их возможные технические приложения.

Дифференциация наук закономерна и неизбежна, она представляет собой следствие технического прогресса, возрастания и качественного изменения запросов производства, увеличения числа научных работников, усложнения методов теоретического и экспериментального исследования. Объек-

тивной основой дифференциации наук является количественная и качественная неисчерпаемость материи, бесконечное разнообразие ее свойств и структурных форм.

Но дифференциация наук включает в себе и отрицательные следствия: параллелизм и дублирование в научных исследованиях, ограниченность кругозора научных работников, порождаемая очень узкой специализацией. Как говорил в свое время Козьма Прутков, специалист подобен флюсу, его полнота односторонняя. При узкой специализации зачастую не используются достижения смежных наук; ценой больших усилий протоптывается узкая тропинка в тех областях, где рядом, но другими науками, уже была проложена ранее хорошая дорога, которая, однако, остается неизвестной научным работникам.

Преодоление этих недостатков приводит к синтезу наук, объединению их теоретических и экспериментальных методов. За последние десятилетия получили бурное развитие такие науки, как астрофизика, химическая физика, биофизика, биохимия, геохимия, кибернетика и др. В синтетических направлениях одни и те же объекты исследуются с разных сторон, методами различных наук. Объективной основой синтеза является наличие в природе общих законов движения материи, охватывающих большие группы явлений. Раскрытие этих законов составляет важнейшую задачу синтетических наук. Но по мере ее решения возрастает философское содержание в каждой из данных наук, ибо философия имеет дело как раз с изучением всеобщих, универсальных законов движения и развития. Эти универсальные законы представляют собой то общее, что содержится в множестве частных законов, отражаемых конкретными науками. Общие законы проявляются через конкретные. Философские проблемы в естествознании начинаются там, где делаются выводы или ставятся задачи, имеющие значение не только для самой данной науки, но и для других смежных наук, для углубления всего нашего миропонимания.

Из всех других естественных наук физика занимает особое место, поскольку исследуемые ею законы обладают большой степенью общности. Окружающая нас природа представляет собой в основном множество неорганических тел. Жизнь возможна лишь на некоторых планетах и занимает сравнительно тонкий слой на их поверхности. Поэтому законы движения неживой материи наиболее распространены в космосе и имеют определяющее значение. Многие из этих законов проявляются и в живых организмах, составленных из тех же элементарных частиц и атомов, что и неорганические тела. Ввиду большой степени общности физических законов физика в большей мере, чем какая-либо другая наука, связана с философией и пронизана философским содержанием.

На самых ранних ступенях развития науки, в античный период, философия включала в себя всю сумму знаний. В течение XVII—XIX веков, в результате бурного прогресса познания, из философии выделяются в качестве самостоятельных направлений множество естественных и общественных наук, в том числе физика — наука о неорганической природе. Но это разделение не было полным. В физике, как и во многих других науках, сохраняется много проблем, которые имеют мировоззренческое значение. Их число даже увеличивается по мере синтеза наук и открытия законов большой степени общности. С другой стороны, в рамках философии продолжает сохраняться и возникает много проблем, решение которых не может быть найдено без эффективной помощи естественных наук, в том числе и физики. К их числу относятся, например, проблема структуры материи, общих свойств пространства и времени, причинности и ее специфических форм, бесконечности материи и др.

Философское и физико-теоретическое исследования взаимопроникают и обогащают друг друга. Особенно велика роль философии в создании физической научной картины мира. Под научной картиной мира понимается целостная и непротиворечивая система знаний о мире, которая основывается на законах большой степени общности и подтверждается в своей основе на опыте. Исторически существовали следующие научные картины мира: античная (атомистический античный материализм), механическая (на базе законов ньютоновской механики), электромагнитная (на базе электромагнитной и электронной теории Максвелла и Лоренца) и современная квантово-релятивистская, основывающаяся, помимо достижений квантовой теории, также на результатах теории относительности и космологии. В формулировке принципов каждой из этих картин мира огромную роль играло философское мировоззрение, господствовавшее в данную эпоху и оказывавшее влияние на творцов физических концепций. При этом материалистические и диалектические концепции способствовали прогрессу естествознания, тогда как религиозно-идеалистические и метафизические взгляды тормозили его, приводили к возникновению тупиковых направлений в науке, на преодоление которых уходило много сил.

Если проследить развитие научного познания, то можно видеть действие следующей важной закономерности: все основные, общие принципы и законы науки, имеющие мировоззренческое значение, вначале формулировались и исследовались в общем, качественном виде в философии, а затем уже получали экспериментальное обоснование и количественную разработку в рамках конкретных наук. В этом можно убедиться, если проследить открытие законов сохранения мате-

рии и ее важнейших свойств — массы, энергии, количества движения, заряда и др., историю становления принципа причинности, принципа наименьшего действия в физике, атомистической теории материи, идеи единства прерывности и непрерывности материи, неразрывной связи пространства и времени, бесконечности мира и др. Все эти фундаментальные положения науки, составившие основные принципы целых направлений, были первоначально выдвинуты в философии. Так, например, диалектико-материалистическое понимание единства материи и ее атрибутов — пространства и времени составляет фактически методологическую основу теории относительности; учение о структурной бесконечности материи в микромире и в космосе является методологическим ориентиром в теории элементарных частиц и в космологии; диалектическая теория развития материи находит многочисленные применения в космогонии, геологии, эволюционной теории в биологии, физиологии и в других областях. Кроме того, диалектико-материалистическая теория познания выполняет функцию всеобщего научного метода исследования. Значение ее особенно возрастает в связи с поиском новых направлений в науке, единством дифференциации и синтеза в развитии наук.

В исследовании свойств и законов объективного мира методы философии и естествознания несколько различаются. Естествознание делает теоретические выводы на основе эксперимента и непосредственного обобщения опытных данных. Философские положения о мире также могут выводиться из непосредственного опыта, но большей частью они получаются на основе обобщения доказанных ранее теоретических положений естествознания. Последние подвергаются дальнейшему анализу и процессу абстрагирования, целью которого является получение самых общих законов и принципов, имеющих значение не только в сфере действия данной науки, но и в других областях знания. Разрабатываемое философское мировоззрение не является простым переложением естественнонаучных открытий. Оно представляет собой самостоятельную теорию, одинаково важную для всех специалистов. Подлинно новое открытие в философии сделать столь же трудно, как в какой-либо частной области, основывающейся на конкретном эксперименте. Вместе с тем познание общих принципов устройства мира, причин его развития и возможностей познания продвигает науку вперед намного дальше, чем выяснение какого-либо частного нового факта или закона, хотя и последнее всегда важно. Но в науке новые теории всегда начинались с принципиально новых философских идей, способствовавших изменению картины мира данной эпохи.

Развитие физики за последние десятилетия выдвинуло ряд принципиально новых философских проблем в понимании

мира, не стоявших перед классической физикой. В. И. Ленин еще в 1909 г. писал, что современная физика рождает диалектический материализм, т. е. приходит к выводам, подтверждающим это мировоззрение. В свою очередь, диалектический материализм составляет методологическую основу для дальнейшей разработки физической картины мира.

Круг философских проблем физики весьма велик, и все их невозможно рассмотреть или даже охарактеризовать в небольшой брошюре. Из всего множества проблем мы рассмотрим наиболее важные, такие, как проблемы структуры материи и единства мира, проблемы пространства и времени, закономерной связи и причинных отношений в мире.

## **Структура материи и единство мира**

---

Окружающий нас мир по своей природе материален, все наблюдаемые в нем явления представляют собой различные состояния или свойства движущейся материи. Материя — это вся окружающая нас объективная, т. е. существующая вне и независимо от нашего сознания реальность. Она выступает как бесконечное множество различных объектов и систем, являющихся субстратом или носителем всех связей, свойств и форм движения. Материю необходимо рассматривать в единстве со всеми ее свойствами и формами проявления.

Все множество материальных объектов и систем в мире условно можно подразделить на три тесно связанные между собой группы: 1) объекты неживой природы; 2) объекты и системы живой природы; 3) объекты и системы человеческого общества. В первую группу входят различные образования: элементарные частицы и атомные ядра, атомы и молекулы, макроскопические неживые тела, космические системы различных порядков. Во вторую группу — различные живые организмы и биологические системы, в третью — люди со всеми продуктами их трудовой деятельности.

Одним из проявлений материального единства мира может служить единство законов движения и развития структурных элементов материи в различных условиях. Законы взаимодействия элементарных частиц и атомов на Земле аналогичны тем, которые имеются в космосе, хотя формы их проявления могут быть различными. Благодаря этому мы имеем возможность познавать свойства далеких планет и звезд, изучая их электромагнитное излучение и сравнивая с излучением различных веществ на Земле. Материальное единство мира делает возможным его последовательное неограниченное познание. Это познание осуществляется путем сведения неизвест-

ного к уже известному на основе использования законов аналогии и структурного единства.

Единство в структуре и законах функционирования может быть присуще и высокоорганизованным видам материи. Как бы живые существа на других мирах ни отличались от известных нам на Земле, им также будет свойствен обмен веществ с окружающей средой, непрерывное самообновление состава, способность к самоорганизации, размножению, восходящему развитию. В этом заключаются важнейшие и всеобщие черты жизни как формы движения. Аналогично разумным существам других миров должно быть свойственно познание и активное преобразование окружающего мира, создание таких материальных элементов и сооружений для удовлетворения своих разнообразных потребностей, которые сами по себе не могут возникнуть в природе. В этом активном и целеустремленном преобразовании природы на основе познания ее законов и заключается важнейшее отличие разумных существ от всех других видов живых организмов, пусть даже организованных в колонии и ведущих коллективный образ жизни (например, пчел, термитов, бобров и др.).

Материальное единство мира выражается также в том, что каждое явление природы подчиняется естественным законам природы, возникает в соответствии с принципом причинности, законами сохранения материи и ее важнейших свойств. В мире не существует никаких сверхъестественных явлений, нематериальных сущностей, которые нельзя было бы раскрыть и объяснить силами науки и практики. Наконец, важнейшим проявлением материального единства мира является вечность его существования во времени, несотворимость и неуничтожимость, его пространственная и структурная бесконечность. Материя, как субстанциональная основа всех явлений, абсолютна, не может возникать из ничего или бесследно исчезать, она лишь вечно переходит из одних состояний в другие. Все ее изменения причинно обусловлены и подчиняются законам природы.

Но единство мира не следует понимать как единообразие его строения. Хотя многие законы, наблюдаемые в земных условиях, проявляются и в масштабах Галактики, но было бы наивно думать, что они точно так же должны действовать и во всей бесконечной Вселенной, что всюду в мире должны существовать одни и те же формы вещества, возникать те же самые химические соединения. Дело в том, что всякое конкретное качество существует в определенных границах меры и не может принимать бесконечно больших или бесконечно малых количественных значений. Это следует из всеобщего закона перехода количественных изменений в качественные, согласно которому количественные изменения в состоянии и свойствах материальных объектов ведут на определенной

ступени к коренным качественным изменениям. Новое качество будет обладать и другими количественными характеристиками, подчиняться иному количественному закону развития. Поэтому единство мира нельзя понимать как однородность его структуры.

Единая природа многообразна по своим проявлениям, качественно неисчерпаема. Высшие формы движения не сводимы к относительно низшим, законы движения космических объектов к законам взаимодействия элементарных частиц. Необходимо всегда быть готовым к возможности открытия совершенно новых свойств и законов материи, не похожих на все известные раньше. В. И. Ленин писал: «Ум человеческий открыл много диковинного в природе и откроет еще больше, увеличивая тем свою власть над ней...»<sup>1</sup>.

К этому выводу о структурной неоднородности и качественной неисчерпаемости мира естествознание в целом и физика в частности пришли не сразу. Долгое время единство мира рассматривалось как единообразие и однородность в его строении. Известные науке свойства и законы материи в окружающих нас условиях распространялись или экстраполировались на всю бесконечную Вселенную. Бесконечное понималось как безмерно увеличенное и абсолютизированное конкретное конечное. Такой взгляд существовал, например, в рамках механической картины мира, господствовавшей в физике и других науках в период XVII—XIX веков.

Галилеем и Ньютоном были сформулированы важнейшие законы классической механики. Создание Ньютоном и Лейбницем дифференциального и интегрального исчисления позволило дать точное математическое выражение характера действия данных законов в различных условиях движения тел. Физика стала после этого точной количественной наукой. Она нашла обширные технические приложения. На основе уравнений Ньютона ныне исследуется движение всех макроскопических тел, обладающих достаточно большой массой. Триумфом теории Ньютона явились успехи небесной механики. На основе его теории и гелиоцентрической системы Коперника удалось точно предсказывать положения планет, затмения Солнца и Луны, время прохождения известных комет и другие явления. Эти успехи привели многих ученых к выводу, что и весь мир представляет собой некоторую гигантскую машину, в которой действуют естественные необходимые законы и нет места случайностям. Законы Ньютона были распространены на все тела Вселенной, а также на микроструктуру материи. Считали, что материя устроена по принципу довольно простой иерархии: каждая данная система входит в систему еще более высокого порядка и, в свою очередь, включает в

---

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 268.

себе системы меньшего порядка. Составные элементы в каждой из систем объединяются силами всемирного тяготения, которые пропорциональны произведению масс взаимодействующих тел и обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними.

Силы тяготения действуют также в структуре материи, но здесь к ним добавляются электрические и магнитные силы, которые объединяют атомы в макроскопические тела.

Движение атомов в телах подчиняется всеобщим механическим законам, и эти законы являются первичными, наиболее элементарными и вместе с тем всеобщими. Другие формы движения — теплота, электричество, тяготение, химические реакции, жизнь, мышление, общественные изменения — также признавались, и было бы нелепо их отрицать, так как реальность их доказывалась чувственным опытом. Но ученые считали, что поскольку каждое тело, в том числе всякий живой организм, состоит из атомов, то любую форму движения, даже самую сложную, можно в конечном счете свести к движению и взаимодействию атомов, и обеспечить на основании механических законов. Поэтому всякая форма движения представляет собой не что иное, как усложненное механическое движение. Видный французский математик и философ Лаплас в конце XVIII века говорил, что если бы нашелся во Вселенной такой всеобъемлющий ум, который мог бы в единой формуле охватить движение всех тел, начиная от атомов и кончая гигантскими космическими системами, если бы он знал все их механические характеристики и использовал их при решении уравнения, то он смог бы предсказать движение всех тел в будущем, и прошлое также открылось бы его взору. Вера в универсальность механических законов, в однородность явлений природы служила основой для убеждения в возможности дедуктивного познания всех тайн Вселенной на основе логического вывода из известных первичных законов. Все тайны мира можно постичь, даже запершись в темной комнате, если только правильны начальные данные о положении тел и первичные всеобщие законы. Этот взгляд приводил к убеждению в безграничных возможностях человеческого разума, к рационалистической теории познания.

Однако в рамках механической картины мира существовали свои непреодолимые трудности. Первая из них была связана с задачей математического описания систем с большим количеством составных элементов. Любое тело состоит из огромного числа атомов, связи между которыми практически бесконечны. Но уже для четырех или пяти тел в единой системе очень трудно было составить точные уравнения движения. Для системы с миллиардами миллиардов элементов эта задача практически неосуществима.

Вторая трудность была связана с пониманием структуры

материи. Чтобы объяснить образование любых тел, необходимо было допустить, что между атомами действуют гравитационные, электрические и магнитные силы, объединяющие их в более общие системы. Но каким образом переносятся эти силы? Мысль о том, что они переносятся сами по себе, через пустоту, заключала нечто мистическое. Ведь движение не может существовать самостоятельно, без своего носителя — тела, которое движется. Также и силы не могут переноситься в пространстве без своего материального субстрата. Необходимо было признать, что существует материальный передатчик сил — мировой эфир, который непрерывно распределен в пространстве между атомами. Если допустить, что этот эфир, в свою очередь, дискретен, то нужно снова вводить некоторые силы и еще более тонкую непрерывную среду для объяснения связи между его элементами, т. е. проблема возникала бы в прежней форме. Переносчик сил, объединяющих атомы, должен обладать непрерывным распределением в пространстве. А это значит, что в любом, сколь угодно малом, объеме должно заключаться бесконечное множество элементов эфира, или, как говорят в физике, эта система должна обладать бесконечно большим числом степеней свободы. Но системы такого рода недоступны для описания средствами классической механики. Следовательно, в механической картине мира оказываются существенные изъяны, а ряд фундаментальных явлений в структуре материи она не может объяснить даже с принципиальной стороны.

Эти трудности углубились с развитием электромагнитной теории Фарадея и Максвелла. В последней удалось установить связь между электрическими и магнитными явлениями, доказать возможность их взаимных превращений, а также раскрыть электромагнитную природу света. Максвелл сформулировал систему уравнений электромагнитного поля, которые описывали все известные в то время электрические и магнитные явления. Долгое время физики пытались свести уравнения Максвелла к динамическим уравнениям механики Ньютона, однако эти попытки не приводили к успеху. Впрочем, неудачи не обескураживали, и предпринимались новые усилия. Слишком сильным было убеждение в универсальном и абсолютном характере механической картины мира, и поэтому твердо верили в то, что в будущем обязательно удастся свести уравнения поля к законам механики. Но проходило время, и появлялись все новые и новые необъяснимые факты. В результате исследования радиоактивности была обнаружена сложность и делимость атомов; в катодных лучах были открыты электроны. Исследование характера распространения света в эфире с учетом влияния различных направлений излучения (опыт Майкельсона) дало результаты, отрицающие существование эфира. Это сразу изменило ситуацию в фи-

зике. Дело в том, что эфир считался материальным носителем электромагнитного и гравитационного поля. Поле рассматривалось как совокупность натяжений или деформаций эфира. Но опытные данные говорили против реальности эфира, и поле, таким образом, как бы лишилось своей материальной основы. С одной стороны, существовала глубоко разработанная теория Максвелла, которая прекрасно описывала известные электромагнитные явления. Но, с другой стороны, никто не мог точно сказать, что же она описывала, какова та среда, изменение которой выражается системой уравнений Максвелла. В связи с этим некоторые ученые сделали вывод, что материя исчезла, остались одни уравнения. Были попытки рассматривать поле как чистую энергию, нематериальное движение. Другие авторы определяли поле как пространство, в котором действуют силы того или иного рода.

В рамках механической картины мира понятие материи отождествлялось с понятием неделимого бесструктурного атома. Когда было установлено, что атом делим и распадается на некоторые составные элементы, то некоторые физики сделали вывод, что материя исчезает. Доказательство неправомочности претензий классической механики на универсальное объяснение всех явлений некоторые философы и физики восприняли как «крушение принципов физики», «ниспровержение материализма». В физике возник методологический кризис, который являлся, по существу, кризисом механического понимания природы. Глубокий анализ причин кризиса и путей выхода из него был дан В. И. Лениным в труде «Материализм и эмпириокритицизм», где было показано, что все выводы об исчезновении материи и крушении принципов науки неправомочны. Понятие материи неправильно отождествлять с понятием неделимого атома, ибо оно охватывает и все другие возможные объекты в природе со всеми их многообразными свойствами. Любая частица материи — атом, электрон и др. — неисчерпаема в своей структуре, обладает неограниченным множеством связей и свойств. Из принципов классической физики потерпели крушение лишь некоторые метафизические утверждения, основывающиеся на чрезмерной экстраполяции. Но основное содержание старой физики, подтвержденное на опыте, сохраняет свою объективную ценность и поныне, объясняя множество явлений обыденного опыта. Механика была снимком с медленных реальных движений, писал В. И. Ленин, а новая физика есть снимок с гигантски быстрых реальных движений.

В этот период в трудах Пуанкаре и Лоренца получила развитие электромагнитная картина мира. В ней материя рассматривалась как единство положительно и отрицательно заряженных частиц, составляющих атомы, и объединяющего их электромагнитного и гравитационного полей. Электроны дви-

жуются по механическим законам, изменения в электромагнитном поле описываются уравнениями Максвелла. Теория Лоренца явилась своеобразным компромиссом между старой картиной мира и новыми фактами, не укладывавшимися в нее. Но ей недолго было суждено господствовать в физике. Уже в начале XX века было обнаружено, что существенной чертой микропроцессов является дискретность или прерывность действия, несовместимая с классическими представлениями. Дискретными являются также энергетические уровни электронов в атомах, значения ряда свойств электрона и других частиц. Наряду с этим у частиц были обнаружены также волновые свойства: движение по волновым законам, способность к дифракции, интерференции и др. Сформулированное в 1925 г. Э. Шредингером уравнение движения электрона коренным образом отличается от всех других, известных ранее уравнений и не сводится к ним. Определяемая данным уравнением волновая функция характеризует вероятность нахождения частицы в определенном объеме пространства.

За последние десятилетия в физике было открыто несколько десятков элементарных частиц с многообразными специфическими свойствами и непрерывно обнаруживаются новые стороны структурной неоднородности и качественной неисчерпаемости материи. Под элементарными частицами понимаются простейшие известные микрообъекты, которые взаимодействуют как единое целое во всех доступных измерениях процессах. Число открытых типов частиц и античастиц составляет в настоящее время более 30, не считая нескольких десятков резонансных или неустойчивых состояний частиц, возникающих при взаимодействиях большой энергии. Среди всего многообразия частиц устойчивыми являются лишь фотоны, нейтрино и антинейтрино, электроны, позитроны, протоны и антипротоны, тогда как остальные частицы — мезоны различных масс, нейтроны и антинейтроны, гипероны и их античастицы нестабильны и распадаются на устойчивые микрообъекты. Но из этого нельзя делать вывод, что нестабильные частицы состоят из стабильных. Во всех реакциях распада имеет место качественное превращение материи из одних состояний в другие. Нестабильные частицы, как и устойчивые, взаимодействуют как единое целое во всех доступных измерениях процессах и масштабах.

Какие же новые философские проблемы поставлены развитием физики микромира? Прежде всего, изменено представление о характере превращений материальных объектов, о взаимоотношении поля и вещества, прерывного и непрерывного в структуре материи, о соотношении простого и сложного, структуры и ее элементов, возможности и действительности, о диалектике единства и многообразия в микромире.

## Диалектика микромира

В классической атомистике считалось, что всякое изменение материи, все ее качественные превращения могут происходить только путем соединения и разъединения атомов, которые при этом остаются неизменными. Эту картину превращений можно описать схемой:  $ABC \rightarrow A + B + C$  или  $A + B + D + E \rightarrow ABDE$ . Свойства и связи элементов систем складываются аддитивно, т. е. результирующая сложения равна алгебраической сумме составных компонентов.

Современная физика допускает подобную аддитивность при сложении для ряда процессов, но наряду с этим она раскрывает множество таких реакций, при которых происходит качественное превращение микрообъектов:  $A \rightarrow B + C + D$  или  $B + C + D \rightarrow A + K$  и т. д. Например, нейтрон распадается на протон, электрон и антинейтрино:  $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$ . Пи-мезон распадается на мю-мезон и нейтрино:  $\pi^\pm \rightarrow \mu^\pm + \nu$ . Мю-мезон (положительно или отрицательно заряженный) распадается на электрон (позитрон), нейтрино и антинейтрино:  $\mu^\pm \rightarrow e^\pm + \nu + \bar{\nu}$ ; электрон и позитрон могут превращаться в фотоны:  $e^- + e^+ \rightarrow 2(3) \gamma$ . Возможно также обратное возникновение электронно-позитронных пар при поглощении фотонов большой энергии в поле атомных ядер. Последний процесс имеет принципиальное значение для раскрытия материального характера электромагнитного поля. После крушения гипотезы эфира многие физики сомневались в материальном характере поля и отождествляли его то с чистой энергией, то с пространством, в котором действуют различные силы. Поэтому процесс превращения электронно-позитронных пар в фотоны, равно как и некоторые ядерные реакции с выделением энергии, рассматривались как доказательство «уничтожения» материи, превращения ее в энергию. Некоторые физики и философы заявили даже, что отныне субстанцией всех явлений следует считать не материю, а энергию и что материализм-де опровергнут.

Подобная концепция получила название энергетизма. В теоретическом отношении она совершенно несостоятельна. Кванты электромагнитного поля ни в коей мере нельзя считать «чистой» энергией, они представляют собой материальные объекты и помимо энергии обладают также множеством других свойств: импульсом, спином, способностью к дифракции, интерференции, превращению в другие микрообъекты и т. д. Энергия не может существовать сама по себе, она представляет собой одно из свойств движущейся материи. Энергия — это количественная мера движения, характеризующая способность материальной системы к внутренним

превращениям и совершению определенной работы. Энергия может проявляться в виде кинетической, связанной с пространственным перемещением тел, и потенциальной энергии. Последняя может проявляться как гравитационная энергия (например, поднятого над поверхностью Земли тела), механическая (в скрученной пружине), тепловая, химическая (энергия топлива), ядерная (энергия, заключенная в атомных ядрах) и др. Но во всех случаях энергия обязательно присуща определенным материальным объектам, является их свойством. При превращении электронно-позитронных пар в фотоны, в различных ядерных реакциях материя вовсе не переходит в энергию, а лишь превращается из одних форм в другие. Точно так же происходит качественное превращение форм энергии. Например, при ядерных реакциях, сопровождающихся так называемым «дефектом массы» (убылью массы), определенная часть внутренней связанной энергии, соответствующей по закону  $E = mc^2$  ( $m$  — масса,  $c$  — скорость света) массе протонов и нейтронов ядра, превращается в кинетическую энергию возникающих осколков ядра, элементарных частиц и в энергию излучения.

Закон сохранения материи не нарушается ни в каких процессах, как и закон сохранения энергии, но они являются самостоятельными, и их неправильно объединять в один общий закон. Ибо материя является всеобъемлющей и абсолютной субстанцией для всех явлений, тогда как энергия — это лишь одно из частных свойств материи.

Кванты электромагнитного поля могут превращаться не только в электронно-позитронные пары, но при достаточно большой энергии также и в мезоны, нуклонные пары. Это говорит об отсутствии непроходимых граней между полем и веществом, возможности их взаимопереходов. Все превращения частиц происходят при строгом соблюдении законов сохранения энергии, массы, спина (собственного вращательного момента), электрического заряда, изотопического спина, четности (для так называемых сильных взаимодействий), ядерного заряда, барионного числа и некоторых других свойств. Это говорит о единстве различных элементарных частиц и полей, о наличии у них общих черт, в связи с чем возникает задача построения единой теории элементарных частиц и полей.

В физической литературе вся окружающая нас материя обычно подразделяется на две основные формы — поле и вещество. Под полем обычно подразумевается электромагнитное и гравитационное поля, которые не обладают массой покоя и непрерывно распределены в пространстве. Вещество — это все микрочастицы и макроскопические тела, имеющие массу покоя и обладающие дискретной локализацией в пространстве. Противопоставление поля и вещества относительно.

В космическом пространстве мы действительно наблюдаем различные вещественные тела, взаимодействующие через посредство полей. Поля обеспечивают объединение этих тел в системы различного порядка. Они непрерывно «заполняют» пространство, точнее, само пространство представляет протяженность и сосуществование полей и вещественных тел.

Но если мы перейдем к микроструктуре материи, то здесь противопоставление поля и вещества окажется уже неправомерным. В каждом теле на долю атомных ядер и элементарных частиц приходится ничтожно малая часть объема — около  $10^{-36}$  от общего объема тела. Остальное пространство занято полями, объединяющими частицы, т. е. поля-то и составляют «само вещество». Каждая частица взаимодействует с другими микрообъектами через посредство нескольких типов полей. Некоторые свойства частиц, такие, как масса, электрический заряд, мезонный заряд, представляют соответственно константы связи с гравитационным, электромагнитным и мезонным полями. Эти поля вносят свой вклад в структуру частицы, и невозможно установить точно ту границу в пространстве, где кончается собственно частица и начинается ее внешнее поле. Так, например, из опытов по определению структуры протонов путем рассеяния на них электронов большей энергии было установлено, что протон представляет собой весьма сложное образование с радиусом порядка  $7 \cdot 10^{-14}$  см. Согласно одной из гипотез о строении протона, в центре его имеется некоторое плотное «ядро» или «кern», окруженное полем пи-мезонов. Последнее является переносчиком ядерных сил в атомных ядрах, оно объединяет протоны и нейтроны в ядра. Следовательно, пи-мезонное, или ядерное поле, органически входит в структуру протонов наряду с электромагнитным и гравитационным полями.

Точно так же электрон неразрывно связан с электромагнитным полем и не может существовать без него. Характеристикой этой связи является электрический заряд как важнейшее свойство электрона. В связи с этим в квантовой теории поля была выдвинута гипотеза о том, что элементарные частицы представляют собой кванты или возбужденные состояния различных полей: фотоны — кванты электромагнитного поля, электроны и позитроны — кванты электронно-позитронного поля, мезоны — кванты нескольких типов мезонных полей и т. д. Аргументом в пользу данной гипотезы считался тот факт, что при больших энергиях взаимодействия частицы ведут себя как системы с очень большим числом степеней свободы и в этом отношении напоминают поля. Возможна также всеобщая взаимопревращаемость частиц и полей, если выполняются соответствующие законы сохранения свойств материи.

Раньше с понятием поля связывали такую форму материи,

которая лишь выполняет функцию передатчика взаимодействий между частицами вещества, а сами эти частицы считались неизменными, сохраняющимися при всех превращениях. Но за последние десятилетия было доказано, что и частицы могут возникать и исчезать. В определенных реакциях они могут выступать даже в функции передатчиков взаимодействия между квантами поля. Так, например, если фотон большой энергии порождает пару частиц — электрон и позитрон, а последние при столкновении друг с другом «аннигилируют» или превращаются в фотоны, то здесь частицы вещества выступают в качестве передатчиков взаимодействия между квантами поля. Аналогичную роль могут выполнять некоторые мезоны, которые порождаются при рассеянии фотонов большой энергии на атомных ядрах, а затем превращаются в фотоны. В атомных ядрах мезоны выполняют функцию квантов ядерного поля.

Тем не менее полевая теория элементарных частиц встречается с значительными трудностями. Вычисление собственной энергии, массы и заряда частицы, основанное на предположении о точечном характере источника поля, приводит к не имеющим физического смысла бесконечным значениям, которые устраняются в теории довольно искусственными способами. Если же считать, что заряженная частица занимает определенный объем, то невозможно на основе полевой теории объяснить ее устойчивость. Между элементами частицы должны действовать огромные электрические силы отталкивания, для преодоления которых и обеспечения устойчивости частицы необходимо ввести некоторые, еще большие силы притяжения неполевой природы.

С другой стороны, мысль о том, что каждая разновидность частиц представляет кванты соответствующих полей, приводит к необходимости вводить все новые и новые типы полей, и теория оказывается незамкнутой. К тому же само предположение, что частица производна от одного какого-либо поля, оказывается упрощенным, поскольку структура и свойства частиц зависят от всех воздействующих полей.

Старая атомистика абсолютизировала идею дискретности материи, в теории Фарадея — Максвелла, напротив, отдается предпочтение непрерывному полю, а заряды считаются узловыми точками поля.

В электронной теории Лоренца снова преобладает взгляд на заряды как на первичные по отношению к полю сущности, а квантовая теория поля опять возвращается к идее первичности полей по отношению к частицам. Мы наблюдаем, таким образом, нечто вроде спиралей в развитии научного познания. Видимо, и современная теория не дает окончательного решения проблемы прерывного и непрерывного, частиц и полей. Скорее всего, истина заключается не в том, чтобы одно

из понятий — частицы или поля, прерывного или непрерывного — считать первичным по отношению к другому. В теоретическом аппарате физики можно как заряды выводить из поля, так и поле из зарядов. Необходимо рассматривать в единстве данные формы материи. Поле создается частицами, и вместе с тем каждое из полей воздействует на частицы, обуславливая их свойства и структуру. Во взаимоотношении поля и частицы имеет место не причинно-следственная связь, а более широкая функциональная связь между неразделимыми и всегда сопутствующими друг другу формами материи. Материя выступает как единство прерывного и непрерывного в своей структуре.

Это единство присуще не только возбужденным состояниям полей, которым соответствуют кванты определенной энергии, но также и так называемым вакуумным состояниям полей с минимальной энергией. Из теории следует, что энергию электромагнитного поля можно представить в виде суммы осцилляторов:  $E = h\nu (n + 1/2)$ , где  $n$  — число осцилляторов, каждый из которых сопоставляется фотону. Если число фотонов равно нулю, то энергия поля не исчезает, а становится равной  $E_0 = \frac{h\nu}{2}$ , и это значение будет наименьшим возможным.

Это значит, что даже при отсутствии фотонов электромагнитное поле не исчезает и не прекращается его изменение. Вакуумное поле постоянно воздействует на частицы, вызывая изменение их свойств. Результатом этого воздействия является постоянное колебательное движение электронов вокруг некоторого положения равновесия, сдвиг энергетических уровней электронов в атомах, некоторое изменение собственной массы, электрического заряда и магнитного момента частиц.

Подобно существованию электромагнитного вакуума, предполагается существование вакуума электронно-позитронного поля, в котором общее число частиц, проявляющихся во внешних взаимодействиях, равно нулю, но в то же время имеется постоянное скрытое порождение и поглощение так называемых виртуальных электронно-позитронных пар. Последние могут быть переведены из скрытого состояния в наблюдаемое, если происходит поглощение в поле ядра фотона достаточно большой энергии (больше миллиона электрон-вольт).

Наличие вакуумных состояний полей имеет большое философское значение, так как оно говорит об отсутствии в природе пустоты и о единстве прерывного и непрерывного в структуре материи.

Диалектическое единство противоположностей в микромире проявляется также в том, что каждая из частиц представляет собой единство устойчивости и изменчивости. С одной стороны, частицы никогда не существуют в совершен-

но неизменном состоянии. Они непрерывно взаимодействуют с собственным полем излучения и полями других частиц, поглощают и излучают кванты полей. Но, с другой стороны, стабильные частицы обладают и определенной устойчивостью в своей структуре — дискретными значениями спина, электрического заряда, магнитного момента, так называемого изотопического спина и ряда других свойств. Устойчивость относится прежде всего к внутренней форме, закону организации микрообъектов, тогда как составляющие их элементы материи претерпевают непрерывные изменения. Каждая из частиц является одновременно «той и не той», значения ее свойств выступают как статистически среднее во времени.

Одной из важнейших задач теории микромира является раскрытие структуры элементарных частиц. В наличии у них структуры убеждают многочисленные факты: многообразие типов частиц и полей, постоянное взаимодействие с собственным полем излучения и статистический характер свойств. Ввиду этого термин «элементарные» применительно к частицам имеет не абсолютное, а относительное значение. Он выражает лишь границы проникновения современного познания в структуру материи, но вовсе не то, что соответствующие микрообъекты являются простейшими и бесструктурными элементами материи. По замечанию В. И. Ленина, электрон неисчерпаем, природа бесконечна; это справедливо и по отношению к другим микрочастицам.

Структура всякой системы представляет собой единство материального содержания и законов функционирования ее элементов. Исследование структуры элементарных частиц включает в себя: 1) выявление типа связей, закона существования и взаимодействия некоторых элементов или форм материи в самой элементарной частице; 2) познание субстрата данных связей, т. е. тех форм материи, взаимодействие которых приводит к образованию частицы; 3) раскрытие пространственных форм бытия и характера существования частиц во времени. Все эти задачи еще далеки от решения. Уравнения движения частиц в квантовой теории описывают, в основном, лишь кинематические особенности существования частиц, их внешние связи между собой. Они позволяют найти вероятность пространственного местоположения частицы, но не раскрывают ее структуры.

Тем не менее из экспериментов следует, что элементарные частицы имеют сложное строение.

Однако структуру частиц нельзя понимать упрощенно, полагая, что они состоят из таких же, подобных им, частиц, наподобие матрешек. В этой области меняются даже сами законы структурной организации материи. К элементарным частицам оказывается неприменимо понятие составной системы с раздельно существующими элементами, сохраняющими

свою индивидуальность. Дело в том, что во всякой составной системе, начиная от атомного ядра и кончая скоплениями галактик, энергия взаимодействия между составляющими элементами материи во много раз меньше собственной энергии  $E=mc^2$ , соответствующей массе покоя системы. Поэтому общий дефект масс при образовании таких систем весьма незначителен по сравнению со всей массой системы. Так, в случае космических систем, объединенных гравитационными силами, он равен  $10^{-13}$  —  $10^{-17}$  общей массы, в молекуле воды —  $10^{-10}$  от массы атомов водорода и кислорода, в атоме водорода — примерно  $10^{-5}$ , а в атомных ядрах — порядка  $10^{-3}$ . Чем меньше размеры устойчивой материальной системы, тем относительно более прочно связаны между собой ее составные элементы. По мере возрастания энергии связи эти элементы все более теряют свою индивидуальность в системе. В ядре уже невозможно выделить отдельные нуклоны, оно взаимодействует как единое целое при относительно малых энергиях столкновения.

Закономерность возрастания энергии связи на единицу массы материальных образований в принципе применима и к элементарным частицам. Но у них энергия внутренних связей оказывается сравнимой со всей собственной энергией, в силу чего по отношению к ним уже нельзя употреблять понятие составной системы с отдельно существующими элементами. В настоящее время существуют средства воздействия на микрообъекты частицами с энергией, в тысячи и даже миллионы раз превосходящей их собственную энергию. Если бы элементарные частицы были составными образованиями с отдельно существующими элементами, то они распались бы на данные элементы уже при энергии воздействия, меньшей  $mc^2$  ( $m$  — масса частицы), или по крайней мере равной ей. Но в действительности этого не происходит. Во всех известных процессах с увеличением энергии воздействия до  $10^6 mc^2$  и выше происходит не расщепление частицы, а порождение при столкновении с нею других частиц множества микрообъектов — электронов, позитронов, мезонов различных масс, нуклонов и гиперонов (при достаточно большой энергии взаимодействия). При этом обязательно должны выполняться законы сохранения энергии, массы, заряда, спина, изотопического спина и некоторых других свойств частиц. Было бы, однако, неправильно думать, что возникающие частицы уже находятся в готовом виде в структуре сталкивающихся микрообъектов. Они, конечно, связаны с их структурой, но существуют в ней не в готовой наличной форме, а как бы потенциально, в виде возможности, или, говоря языком квантовой теории, в скрытых, виртуальных состояниях. Так, в структуре частицы могут быть виртуальные электронно-позитронные пары, положительно и отрицательно заряженные мезоны, протоны и антипротоны

и т. д. В данном случае энергия взаимодействия между ними столь велика, что возникающий при этом дефект масс погашает почти всю массу виртуальных частиц. Однако, если на частицу производится достаточно сильное воздействие, энергия которого превышает собственную энергию  $E = mc^2$  пар электронов-позитронов, мезонов, нуклонов и др., то последние могут быть переведены из скрытого, виртуального состояния в непосредственно наблюдаемое и проявляющееся во взаимодействиях. Это будет означать порождение соответствующих пар частиц. Подобные процессы постоянно наблюдаются при взаимодействиях большой энергии, например при столкновении частиц космического излучения с атомными ядрами и протонами.

Из этого следует, что структура частиц может по-разному проявляться в зависимости от различия энергии внешних связей и взаимодействий. Она не является раз и навсегда данным, неизменным фактором, а постоянно меняется с изменением внешних связей. В этом, в частности, и заключается коренное отличие структуры элементарных частиц от структуры всех других известных форм материи. Если у последних структура определяется в основном законом внутренних связей, то у элементарных частиц при высоких энергиях взаимодействия она не в меньшей степени зависит и от внешних связей.

Таким образом, мы видим, что в микромире качественно изменяется соотношение простого и сложного, системы и элементов, возможности и действительности по отношению к известным явлениям обыденного опыта.

Всеобщая взаимопревращаемость частиц указывает на наличие общих черт в их структуре. В связи с этим в физике выдвинулась на первый план задача построения единой теории элементарных частиц и полей. В работах В. Гейзенберга и его последователей<sup>1</sup> развивается идея о том, что все элементарные частицы представляют собой состояния некоторого субквантового спинорного поля. Элементы этого поля взаимодействуют между собой нелинейно, т. е. их свойства и связи складываются неаддитивно, имеет место переход количественных изменений в качественные, и из «частиц» с полужелым спином возникают микрообъекты с целочисленным значением спина и разнообразными свойствами. В теории Гейзенберга наряду с известными константами микромира — скоростью света, постоянной Планка, зарядом электрона — вводится новая константа — элементарная длина. Она характеризует пространственные размеры и минимальную область взаимодействия элементарных частиц, имеет значение порядка  $10^{-13}$  см. Из нелинейного уравнения спинорного поля, сфор-

<sup>1</sup> См. «Нелинейная квантовая теория поля». Сборник статей. М., ИЛ, 1959.

мулированного Гейзенбергом, можно теоретически вывести приближенные значения масс ряда частиц, что уже является существенным достижением. Но в целом единая теория элементарных частиц и полей еще далека от своего построения. Эксперимент открывает все новые и новые типы и состояния частиц, их специфические свойства, которые еще нуждаются в теоретическом объяснении с точки зрения единых принципов.

Но если бы даже единая теория поля была создана, то ее все равно еще нельзя было бы рассматривать как познание последней сущности материи. Материя неисчерпаема в своей структуре, и каждый объект обладает не только внешними, но и многообразными внутренними связями. Существование простейших бесструктурных объектов невозможно по ряду причин. Объекты такого рода не обладали бы никакими внутренними связями и способностью к внутренним изменениям, которые предполагают взаимодействие между составляющими объект элементами материи. В силу этого они должны были бы представлять абсолютно твердые тела, в которых взаимодействия распространяются с бесконечной скоростью. Но бесконечные скорости, как это показала теория относительности, принципиально невозможны. Следовательно, невозможно и существование простейших бесструктурных объектов.

Кроме того, объекты без внутренних связей и способности к изменениям не имели бы и никаких внешних связей, поскольку последние имеют своим основанием и источником внутренние связи. Из опыта известно, что все химические, электрические, магнитные, гравитационные и другие свойства и связи тел всегда обусловлены их внутренними связями, взаимодействием между составляющими тела элементами материи, хотя наряду с этим они зависят также от внешних условий существования объекта. Полное исключение внутренних связей означало бы нарушение принципа причинности и законов сохранения в объяснении происхождения внешних связей и взаимодействий тел.

Без внутренних и внешних связей объекты не могли бы обладать никакими свойствами, не способны были бы объединиться в системы больших размеров, не обнаруживали бы своего существования в физических процессах. Очевидно, что такого рода тела не существуют в природе. Структурность всех материальных объектов является их неотъемлемым атрибутом, вытекающим из выполнения принципа причинности в происхождении внешних связей. Вместе с тем структурность обеспечивает возможность изменения и превращения любых микрообъектов, и только при таком изменении может осуществляться их внешнее взаимодействие между собой.

С точки зрения теории познания это может означать следующее. Всегда, когда будут открыты новые микрообъекты с их специфическими свойствами, необходимо возникнет вопрос:

почему данные свойства имеют именно такие количественные значения, чем вызваны наблюдаемые типы связей и взаимодействий тел и т. п. И причинная цепь всех возможных объяснений никогда не может завершиться. В любой целостной, внутренне непротиворечивой и подтвержденной на опыте теории всегда будут существовать положения и принципы, которые нельзя будет полностью понять и обосновать причинно, используя только содержание, методы и экспериментальные основания данной теории. Для их причинного объяснения потребуются выйти за пределы данной теории и рассматривать более общую группу явлений или более глубокие уровни структурной организации материи. В таком случае законы вновь созданной более глубокой теории могут заключать в себе, в виде частных случаев или проявлений, законы прежней теории, хотя это правило и не является обязательным.

«Разрушимость атома,— писал В. И. Ленин,— неисчерпаемость его, изменчивость всех форм материи и её движения всегда были опорой диалектического материализма. Все грани в природе условны, относительны, подвижны, выражают приближение нашего ума к познанию материи...»<sup>1</sup>. Но, несмотря на изменчивость и неполноту наших знаний, каждая ступень в развитии науки имеет непреходящее значение, включает в себе элементы абсолютной истины.

## **Философские вопросы**

### **учения**

### **о пространстве и времени**

Развитие взглядов на структуру материи органически связано с изменением понимания пространства и времени. Открытие новых свойств материи в микромире и в гигантских космических масштабах привело к новому пониманию и пространственно-временных отношений в этих областях. Пространство и время относятся к числу основных форм бытия материи, вне которых невозможно ее существование. Пространство, как форма бытия, выражает сосуществование, структурность и протяженность любых взаимодействующих объектов, тогда как время характеризует последовательность смены состояний и причинно-следственных отношений, длительность бытия любых объектов и процессов, внутреннюю связь сохраняющихся и изменяющихся состояний. Поскольку почти все свойства материи производны от ее движения и взаимодействия,

---

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 268.

то и основные свойства пространства и времени на разных уровнях структурной организации материи следует выводить из движения и взаимодействия тел. При этом следует различать универсальные свойства пространства и времени, которые проявляются во всех масштабах существования материи, и конкретные или специфические свойства, которые присущи материи лишь на определенных уровнях структурной организации или же отличают одну группу явлений от другой.

Из всеобщих свойств пространства и времени необходимо указать прежде всего на их объективность, независимость от человеческого сознания, абсолютность как универсальных форм бытия, неразрывную связь друг с другом и с движением, количественную и качественную бесконечность, единство прерывности и непрерывности в их структуре. Вечность времени определяется несотворимостью и неуничтожимостью материи и движения, их абсолютным существованием и необратимыми изменениями. Всякое предположение о начале или конце времени необходимо ведет к идее творения и гибели мира, к религиозно-идеалистическим выводам, которые опровергаются всеми данными науки и практики. Вечность присуща лишь природе в целом, каждая конкретная форма материи существует конечное время и является преходящей.

Важнейшим свойством временного бытия всех объектов является определенная длительность, выступающая как единство прерывного и непрерывного. Никакой процесс в природе не может происходить мгновенно, с бесконечной скоростью, он всегда обладает определенной длительностью. Между предшествующими и последующими состояниями существует внутренняя связь и непрерывный переход. Длительность проявляется через сохранение материи и движения, последовательное пребывание материальных объектов в определенных качествах. Сохраняемость и абсолютность материи обуславливают общую непрерывность времени. Но поскольку каждое конкретное качество, любой конечный объект существует ограниченный период, время обладает также свойством прерывности. Эта прерывность характеризует лишь периоды существования конкретных состояний материи, но не мира в целом.

К числу важнейших свойств времени относится его одномерность и необратимость. Одномерность проявляется в том, что последовательность временных изменений возможна лишь в виде линейной упорядоченности с одним измерением, в отличие, например, от трехмерности пространства. Необратимость проявляется в изменении времени от прошлого к будущему, в его несимметричности. Однонаправленность и несимметричность времени обусловлена необратимостью причинно-следственных отношений и всего процесса развития материи. Прошлое влияет на будущее, но настоящее и будущее

уже не могут оказать никакого материального воздействия на осуществившееся прошлое.

В физике необратимость времени часто связывают с возрастанием энтропии. Энтропия представляет особую функцию состояния, пропорциональную логарифму вероятности изменения системы и выражающую для замкнутых систем меру отклонения от статистического равновесия:  $S = k \cdot \ln W$  (здесь  $S$  — энтропия,  $k$  — постоянная Больцмана,  $W$  — вероятность осуществления состояния). Если, например, в замкнутой системе все формы движения переходят в тепловую и выравниваются все различия температуры, то энтропия системы достигает максимума. Это значит, что система переходит в наиболее вероятное состояние статистического равновесия.

Во всех замкнутых системах энтропия возрастает, и это является наиболее вероятным их изменением. Оно сопровождается процессами рассеяния вещества и излучения, превращением форм движения в тепловую форму, переходом систем из неустойчивых состояний в более устойчивые. Из всех известных свойств тел энтропия является единственной физической характеристикой, которая однозначно изменяется со временем и возрастает в замкнутых системах. Поэтому в некоторых работах рост энтропии был истолкован как важнейшая и единственная причина необратимого изменения времени от прошлого к будущему<sup>1</sup>. Однако с таким взглядом все же нельзя согласиться. Энтропия является частным свойством материи, тогда как время — ее всеобщий атрибут, проявляющийся на всех структурных уровнях. Кроме того, возрастание энтропии всегда имеет место лишь для замкнутых систем, а в открытых системах возможно ее уменьшение. Например, во всех живых организмах определенная стадия их развития связана с усложнением структуры и функций, совершенствованием форм отражения. Этому соответствует относительное уменьшение энтропии и увеличение количества информации в широком значении последней. Но как в открытых системах, так и в замкнутых время изменяется необратимо от прошлого к будущему. Точно так же в микромире возможны процессы с уменьшением энтропии в течение некоторых промежутков времени, но и здесь все процессы протекают в необратимом времени. Можно даже взять для рассмотрения замкнутую в тепловом отношении систему: Все разности температур в ней через некоторое время устраняются, и система переходит в состояние теплового равновесия с максимальной энтропией. Но все равно не прекращается взаимодействие атомов и молекул и их движение, все частицы взаимодействуют также с внешними объектами через посредство электромагнитных,

---

<sup>1</sup> См., например, Г. Р е й х е н б а х. Направление времени. М., ИЛ, 1962.

гравитационных полей и нейтрино. Все эти процессы протекают во времени. Следовательно, рост энтропии нельзя считать причиной необратимости времени, он просто сопутствует такой необратимости и подкрепляет ее на соответствующих структурных уровнях или во всех физических системах, где энтропия действительно возрастает. Причины необратимости времени должны иметь столь же универсальный характер, как и само время, или даже обладать большей фундаментальностью в смысле всеобщности и материального основания. Такой причиной следует считать прежде всего несимметричность или необратимость причинно-следственных отношений во всех системах. Причинно-следственная связь может быть определена независимо от течения времени. Она представляет такую генетическую связь, при которой одно явление порождает и обуславливает другое в соответствии с законами сохранения материи и ее важнейших свойств. То явление, которое порождает нечто, выступает как причина, а порождаемое им — как следствие. Возникнув, последнее само становится причиной, порождает нечто другое и т. д. Но при этом действие и процесс порождения направлены всегда только от причин к следствиям. Обратное воздействие и порождение невозможно, так как оно противоречило бы ряду объективных законов, в частности закону возрастания энтропии. Эта несимметричность и необратимость воздействия сохраняется и во всех системах с двусторонней или многосторонней функциональной связью, когда сначала одно явление воздействует на другие, потом они на него и т. д., и при этом все они последовательно изменяются.

Если бы в какой-либо области или в определенный период все причинные цепи были обращены вспять и действия были направлены от следствий к порождающим их причинам, то все эти следствия (различные объекты с их свойствами) должны были бы затем изменяться таким образом, чтобы исчезать в тех явлениях, которые их порождают с точки зрения течения времени в «обычном» направлении, затем те в свою очередь с течением времени снова исчезали бы в порождающих их явлениях и т. д. Все растительные и животные организмы находили бы свою смерть в семени, дым и свет от сгоревших дров вновь соединялись бы в дрова, последние превращались в деревья, исчезающие в виде семян в земле и т. д.

Однако это допущение вступает в решительное противоречие с практикой, с общим процессом наблюдаемого закономерного порядка развития, который протекает всюду только от причин к порождаемым ими следствиям, но не наоборот. Этот фундаментальный порядок последовательности событий и определяет необратимость времени в каждой области пространства. В достаточно больших масштабах необратимость изменений находит выражение в качественных превращениях форм

материи и движения, рассеянии в пространстве электромагнитного и гравитационного излучения, нейтрино. В частности, все процессы распада радиоактивных ядер, нейтронов и мезонов различных масс с большей вероятностью идут в сторону излучения нейтрино и других частиц, чем в противоположном направлении синтеза нейтрино и других микрообъектов с образованием исходных распавшихся форм.

В космических масштабах общая необратимость изменений материи может обнаружиться лишь за многие миллиарды лет, а в меньшие интервалы происходят циклические процессы рассеяния и концентрации материи в известных нам формах. При этом звезды излучают в пространство частицы вещества и электромагнитное излучение, затем вещество концентрируется в гигантские газопылевые туманности и другие объекты, из которых возникают группы звезд и т. д. В целом развитие в мире представляет единство циклических и необратимых изменений. При этом необратимость нельзя отождествлять с однонаправленностью, или с движением Вселенной к какому-то концу, наподобие «тепловой смерти». Для бесконечных материальных систем, каковые представляют всю Вселенную, не существует последнего наиболее вероятного состояния. В них возможны неограниченные изменения материи в различных направлениях. Поэтому течение времени и процесс развития в мире никогда не могут завершиться.

Каковы же всеобщие свойства пространства? Пространство характеризует структурность, протяженность и сосуществование элементов материи в любых системах. Величина протяженности тел зависит от их внутренних и внешних связей. Так, устойчивое существование и протяженность любого тела обусловлены взаимодействием между составляющими его атомами и молекулами, единством процессов притяжения и отталкивания в структуре тела. Если бы эти внутренние связи и взаимодействия исчезли, то тело перестало бы существовать, а тогда уже нельзя было бы говорить и о его протяженности. С изменением энергии связи между атомами и молекулами тела его пространственная форма и протяженность могут меняться. Так, с увеличением энергии молекул твердые тела расплавляются и превращаются в жидкости, а последние, по мере дальнейшего нагревания, переходят в пар, и в результате этого возможно значительное изменение объема, занимаемого данным веществом.

Весьма общим свойством пространства является его трехмерность. Все известные материальные объекты и процессы обладают трехмерной пространственной структурой. Нет никаких данных о том, чтобы какие-либо объекты и явления или же законы природы не укладывались в трехмерные пространственные отношения и требовали для своего существования пространства большего числа измерений.

Трехмерность пространства следует из общих свойств движения. Известно, что простейшим, неразложимым далее, абстрактным объектом является точка. Движение точки дает линию, которую можно определить как пространство одного измерения. Движение линии не параллельно самой себе дает плоскость — пространство двух измерений. Перемещение плоскости приводит к трехмерному пространству. Последнее же при любых возможных перемещениях и типах взаимодействия не переходит в пространство большего числа измерений.

В математике вводится понятие многомерного пространства, но оно имеет здесь особый смысл. Оно используется не только для выражения протяженности тел и расстояний между ними, но и для характеристики взаимосвязи между различными свойствами тел, находящимися в пространственно-подобных отношениях. Совокупность  $n$ -свойств объединяется в понятии  $n$ -мерного пространства, а различные значения свойств определяются как точки в  $n$ -мерном пространстве. Пусть, например, в смеси нескольких газов исследуется связь между температурой  $T$ , давлением  $P$ , плотностью  $\rho$  газов, процентное содержание которых определяется как  $C_1$  и  $C_2$ . Связь между данными величинами можно представить в виде нескольких таблиц или графиков. Но возможен и другой способ описания, когда совокупность величин  $T, P, \rho, C_1, C_2$  определяется как пятимерное пространство, а соответствующие значения свойств газов выражают в виде точек в данном пятимерном пространстве. Если имеется система с очень большим количеством свойств и взаимосвязанных переменных, то можно прийти к понятию многомерного и даже бесконечно-мерного пространства. Однако понятие пространства здесь является довольно условным и искусственным, поскольку оно употребляется для характеристики совершенно других свойств, отличных от собственно пространства в указанном выше смысле. Любые сколь угодно сложные явления можно в принципе отобразить в трех пространственных и одной временной координатах, но с изменением способа описания.

Трехмерность пространства имеет место и в микропроцессах. Распространение свободной электромагнитной волны характеризуется тремя взаимно перпендикулярными векторами — электрической и магнитной напряженности, а также вектором распространения фронта волны. Свойство спиральности у элементарных частиц предполагает трехмерность их пространственной структуры. Три измерения пространства являются тем необходимым и, вообще говоря, достаточным минимумом, в рамках которого может осуществляться весь класс движений, взаимодействий и структурных отношений материальных объектов. Ситуация здесь может быть аналогичной свойствам времени, которое только одномерно и необратимо и

тем не менее выражает последовательность и длительность любых классов изменений.

К числу всеобщих свойств пространства относится его противоречивость, единство прерывного и непрерывного в его структуре. Все твердые тела и микрочастицы проявляются как дискретные образования, тогда как поля непрерывно распределены в пространстве. Как форма бытия всех существующих в мире, бесконечно разнообразных видов материи, пространство непрерывно, но как атрибут конечных тел и частиц, отграниченных друг от друга, оно обладает также свойствами прерывного.

К всеобщим свойствам пространства следует отнести его количественную и качественную бесконечность, которая тесно связана с бесконечностью материи во всех ее проявлениях. В мире существует бесчисленное множество объектов и систем, уровней структурной организации материи с их специфическими свойствами и законами изменения. Как бы велики бы были размеры системы, всегда найдется система или совокупность тел большего порядка, которая будет включать в себя первую систему в качестве одного из своих элементов. При этом формы структурной организации материи будут меняться с возрастанием масштабов, и это обусловлено действием всеобщего закона перехода количественных изменений в качественные.

В современной космологии некоторыми авторами выдвигаются предположения, что пространство Вселенной может иметь всюду положительную кривизну и являться замкнутым, конечным по объему, не имея в то же время границ. Луч света в таком пространстве мог бы постоянно двигаться все вперед и вперед, но в конечном счете он описал бы замкнутую кривую, возвратясь в область, близкую к исходной. Однако эти предположения являются идеализированной абстракцией и не отражают свойства реального мира. Во-первых, если даже судить о структуре Вселенной с точки зрения современных знаний и считать, что они уже достигли совершенства и не могут изменяться далее, никак нельзя сделать вывод, что пространство Вселенной замкнуто. Красное смещение в спектрах других галактик указывает на то, что происходит расширение окружающих нас галактических скоплений и «радиус мира» постоянно увеличивается. Кроме того, определяемая во всех измерениях кривизна пространства может иметь лишь местный, локальный характер и ее нельзя относить ко всей Вселенной.

Во-вторых, ниоткуда не следует, что кроме наблюдаемых в настоящее время галактических скоплений вещества в мире, не существуют никакие другие космические системы. Напротив, с каждым годом, по мере создания все более совершенных астрономических инструментов, границы видимого мира

непрерывно расширяются. Сейчас наиболее чувствительные радиотелескопы регистрируют излучение галактик, удаленных на расстояние в 13 миллиардов световых лет, и нет основания сомневаться в том, что дальше существуют также и другие космические объекты.

Наконец, не следует забывать о том, что все уравнения тяготения в космологии, на основе которых делается вывод о возможной замкнутости мира, отражают свойства лишь некоторых форм материи — вещества и гравитационного поля. Но материя неисчерпаема в своей структуре, и по всей вероятности существует еще множество других, неизвестных пока нам видов материи, которые могут и не подчиняться данным уравнениям. Они могут не взаимодействовать с гравитационным полем так, как взаимодействуют все тела с конечной массой покоя. В таком случае выводы о конечности мира для них окажутся недействительными, ибо эти объекты не будут удерживаться в «замкнутом» пространстве гравитационными полями.

Сравнительно недавно в физике ничего не было известно о нейтринно, и многие полагали, что вся материя исчерпывается веществом и электромагнитным полем, взаимодействующими через посредство гравитационного поля. А ныне теоретически установлено, что более 7% излучения звезд уносится нейтринно, плотность которых непрерывно возрастает в пространстве бвиду их очень слабой поглощаемости веществом. При этом еще неизвестно, как нейтринно взаимодействуют с гравитационными полями. Предполагают, что их поведение в гравитационных полях должно быть аналогичным поведению фотонов и частиц вещества, но это пока не подтверждено никакими экспериментами. В правильности этого предположения нет уверенности, если учесть, что нейтринно обладают рядом удивительных свойств, качественно отличающих их от других форм материи (колоссальная проникающая способность, отсутствие массы покоя и др.).

Аналогично этому в мире может существовать и множество других видов материи, связи и взаимодействия которых качественно отличны от всех известных. Поэтому методологически неправильно строить теорию замкнутого и конечного мира на основе абсолютизации современных ограниченных представлений о нем. Всегда следует ожидать возможность существования качественно новых видов материи и заказов взаимодействия, которые определяют свойство известного нам мира и тем самым как бы «размыкают» его, означают переход к более общим и фундаментальным группам явлений.

Незамкнутость всех существующих в мире систем обусловлена неисчерпаемым многообразием видов материи и движения. Система, замкнутая для одних связей и взаимодействий, будет обязательно открытой для качественно иных,

Рассмотрим теперь специфические свойства пространства и времени. В познании их существенные успехи достигнуты благодаря развитию теории относительности, квантовой механики и некоторых других областей естествознания.

Специальная теория относительности говорит о том, что длительность временных промежутков и ритм процессов в материальных системах зависят от скорости их движения и напряженности внешних гравитационных полей. Чем ближе скорость движения системы к скорости света в вакууме, тем медленнее протекают в ней все процессы:  $t = t_0 \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2}$ ,

где  $t$  — время в движущейся системе,  $t_0$  — время в покоящейся системе,  $v$  — скорость тела,  $c$  — скорость света. Этот закон подтверждается наблюдениями периода распада мезонов в космических лучах в зависимости от скорости их движения в атмосфере или других средах. По мере приближения скорости мезонов к скорости света возрастает длина их пробега до распада, причем в основном это обусловлено увеличением времени жизни частиц.

Длительность процессов в системах зависит также от абсолютной величины гравитационного потенциала того поля тяготения, в котором находится система. В полях тяготения процессы протекают медленнее, чем вне их. Это подтверждается наблюдением изменения частот излучения атомов в гравитационных полях. Частота спектральных линий излучения, испускаемого атомами на поверхности Солнца и других звезд, оказывается смещенной в красную область спектра по сравнению с частотой излучения аналогичных атомов в отсутствии полей тяготения или в области с намного меньшим гравитационным потенциалом, например на Земле.

Благодаря конечности скорости распространения взаимодействий и зависимости темпов развития от внутренних связей в материальных системах, во Вселенной не существует всюду одинакового, единого времени. Каждая самостоятельная материальная система, относительно независимая от других систем, обладает своим специфическим ритмом временных процессов. Этот ритм зависит также от внешних связей — воздействия гравитационных полей и скорости движения. Отсутствие во Вселенной единого времени обусловлено также относительностью одновременности событий. События, одновременные в одной системе, могут быть не одновременными по отношению к другой системе, движущейся относительно первой. Последний эффект определяется конечностью скорости распространения сигналов.

Аналогично изменению времени меняются и свойства пространства в зависимости от характера движения и связей. С возрастанием скорости движения размеры тел в отношении других систем отсчета сокращаются по направлению движе-

ния  $l = l_0 \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2}$ . Для макроскопических тел это соотношение пока не имеет экспериментального подтверждения, но в реальности его нет сомнения, поскольку оно вытекает из всего содержания специальной теории относительности, подтверждаемой на опыте. Некоторой аналогией возможности изменения пространственных свойств со скоростью тела могут служить процессы в микромире. Известно, что все микрочастицы обладают одновременно как корпускулярными, так и волновыми свойствами. При излучении и поглощении микрообъекты проявляются как частицы, а при движении в пространстве, рассеянии через дифракционные решетки они обнаруживают свои волновые свойства. В результате этого возможна дифракция и интерференция частиц, т. е. специфически волновые явления.

С каждой частицей связана определенная длина волны:  $\lambda = \frac{h}{mv}$ , где  $m$  — масса частицы,  $v$  — скорость ее движения,  $h$  — постоянная Планка. Длина волны характеризует область возможной пространственной локализации частицы. С увеличением скорости она уменьшается, и соответственно этому уменьшается тот объем, в котором имеется вероятность обнаружить частицу как дискретный объект.

Следует подчеркнуть, что элементарные частицы нельзя понимать как некоторые шарики, имеющие совершенно определенные и неизменные размеры. Каждая из частиц неразрывно связана с различными полями, которые вносят свой вклад в ее структуру. Невозможно установить точно ту границу, где кончается собственно частица и начинается ее поле, ибо эта граница объективно неопределенна. Поэтому микрообъекты выступают как единство прерывного и непрерывного. В силу этого по-разному могут проявляться их пространственные размеры по отношению друг к другу. Если, например, сталкиваются между собой две одинаково заряженные частицы, обладающие небольшой энергией, то благодаря действию электрических сил отталкивания они разойдутся на сравнительно большом расстоянии от центров частиц. Если же одна из частиц не обладает зарядом, то область столкновения будет намного меньшей. Уменьшится она и при очень большой энергии одинаково заряженных сталкивающихся частиц. Следовательно, проявляющиеся при взаимодействиях пространственные размеры частиц зависят от их зарядов, массы и кинетической энергии. С изменением этих параметров область проявления микрообъектов также будет меняться. Как было отмечено выше, в силу неразрывной связи частиц с различными полями основные свойства частиц являются статистически средними по времени, ибо микрообъекты представляют собой единство устойчивости и изменчивости.

Наличие гравитационных полей вызывает изменение тра-

ектории движения всех тел, отклонение световых лучей, определяет «искривление» пространства, отклонение его метрических свойств от свойств евклидова пространства. Если средняя плотность вещества и общая масса тел в системе достаточно велики, то создаваемое ими гравитационное поле может быть столь сильным, что окажется в состоянии удерживать большую часть излучения в пределах данной системы. Такая система будет обладать относительно замкнутым пространством положительной кривизны. Аналогом подобных систем могут являться, по-видимому, «сверхзвезды» — или точнее, зарождающиеся галактики с относительно небольшими размерами и огромной массой. Предполагается, что на ранней стадии развития «сверхзвезд», когда их вещество сконцентрировано в малой области, создаваемые ими гравитационные поля обладают столь значительной напряженностью, что как бы удерживают в пределах системы возникающее в ней электромагнитное излучение и частицы вещества. Благодаря этому «сверхзвезды» невидимы на этих стадиях эволюции.

Однако, как было отмечено выше, никакая замкнутость не является абсолютной. Система, замкнутая по отношению к одним типам связей, будет открытой по отношению к качественно иным. На определенной стадии развития эти системы значительно увеличиваются в размерах, их поле тяготения оказывается уже не в состоянии удерживать все возникающее излучение, и они становятся доступными наблюдениям.

Обратимся теперь к свойствам симметрии пространства. Симметрия проявляется, в частности, в сохранении пространственных и других свойств объектов при зеркальном отражении. Многие геометрические объекты — шар, куб, параллелепипед, октаэдр и др. не изменяются при зеркальном отражении. Уравнения движения многих объектов сохраняют ту же форму при замене знаков координат на противоположные. Таковы, например, уравнения механики для движения макроскопических тел, уравнения электромагнитного поля. В квантовой механике зеркальная симметрия свойств частиц находит отражение в понятии четности, выражающем характер изменения волновой функции частицы при пространственном отражении всех координат. Четность считается равной  $+1$ , если волновая функция не меняет знака при отражении всех координатных осей; этому соответствует четное состояние системы. Напротив, если волновая функция меняет знак при отражении, то четность будет равна  $-1$  и соответствующее состояние будет нечетным. Сохранение четности при взаимодействиях означает, что законы протекания процессов не меняются при зеркальном отражении.

Но пространственная симметрия присуща далеко не всем объектам. Имеет место асимметрия в расположении некоторых органов у животных, в пространственных свойствах мо-

лекул живого вещества, в характере изменения многих термодинамических, электромагнитных, биологических и других процессов во времени. Нарушается пространственная симметрия процессов и в микромире, например в слабых взаимодействиях, связанных с излучением нейтрино и других частиц. Так, например, возникающие при распаде радиоактивных ядер кобальта  $\text{Co}^{60}$  электроны излучаются преимущественно в одном направлении по отношению к спиновому направлению ядра. Точно так же существует преимущественное направление вылета пи-мезонов при распаде лямбда-частиц. Пи-мезоны определенным образом ориентированы в движении после возникновения. Асимметрия подобных процессов означает нарушение закона сохранения четности в слабых взаимодействиях. Из этого следует как будто, что для подобных процессов свойства зеркально отраженного пространства не тождественны свойствам обычного пространства. Но это приводит к ряду противоречий в теории. Поэтому при пространственном отражении координат было предложено (Ли Янг и Ландау) одновременно переходить от частиц к соответствующим античастицам.

При такой комбинированной инверсии симметрия свойств пространства сохраняется, не изменяются и законы взаимодействия. Это значит, что изменение знаков всех координат для электронов, протонов, нейтронов и др. должно быть связано с переходом к позитронам, антипротонам, антинейтронам. Античастицы, так же как и обычные частицы, могут образовывать устойчивые атомные ядра, атомы, молекулы, макроскопические тела. Вследствие этого в природе возможно существование «антимира» или космических систем из античастиц. Свойства пространства и законы развития материи в «антимире» должны быть, по-видимому, аналогичны свойствам и законам нашего мира. Более того, существа этих систем могут рассматривать наш мир как «антимир» по отношению к ним. Но все эти противоположности выступают лишь как существенные различия в рамках единой развивающейся природы.

За последние десятилетия в квантовой теории постоянно разрабатывается гипотеза дискретности пространства и времени в микромире, согласно которой пространство и время прерывны и представляют собой множество неделимых далее элементарных «объемов» и «моментов». Основанием для данной гипотезы служит ряд соображений. Во-первых, существенной чертой микропроцессов является прерывность или дискретность действия, которая выражается в существовании кванта действия. Дискретными являются также значения многих свойств частиц: электрического заряда, спина, магнитного момента, четности, изотопического спина и др. В атомах электроны могут существовать лишь на определенных уров-

нях, которые образуют дискретную последовательность. Элементарные частицы превращаются друг в друга целиком, как единые образования. В связи с этими фактами естественно возникает мысль о том, что, может быть, и сами пространство и время в микромире также являются дискретными.

Другим доводом в пользу данной гипотезы являются принципиальные трудности теории квантовых полей. Расчет энергии электромагнитного поля, создаваемого электроном и другими частицами, приводит к величинам, не имеющим физического смысла. По мере приближения к центру электрона энергия поля непрерывно возрастает, становясь для точечного силового центра бесконечной. Бесконечные значения имеют также масса и заряд. Эти значения в современной теории отбрасываются как фиктивные и принимаются во внимание только те величины, которые измеряются в опыте. Гипотеза квантования пространства и времени была выдвинута для устранения этих трудностей. Бесконечная энергия самодействия электрона, как и бесконечные массы и заряд, может быть сведена к конечным величинам, близким к наблюдаемым, если предположить, что пространство представляет собой множество неделимых далее элементарных ячеек с размерами порядка  $10^{-13}$  см. Квант времени будет тогда равным примерно  $10^{-24}$  сек — периоду распространения светового сигнала внутри «кванта» пространства.

Существование элементарной длины указанного порядка допускается также в нелинейной квантовой теории поля Гейзенберга, хотя в рамках этой теории пространство и время непосредственно не считаются дискретными. Элементарная длина характеризует размеры элементарных частиц и область сильных взаимодействий между ними. Она предполагается одной из важнейших констант природы наряду с постоянной Планка, скоростью света и зарядом электрона.

На основе идеи прерывности пространства и времени ряд авторов выдвинул концепцию материи, конечной в микроструктуре и в космосе. Остригается также возможность неограниченного деления пространства и времени и предлагается необходимость создания принципиально новой математики конечных и прерывных величин<sup>1</sup>.

Идея о существовании неделимых далее квантов пространства и времени порядка  $10^{-13}$  см и  $10^{-24}$  сек непосредственно не подтверждается в современном эксперименте. Напротив, опыт обнаруживает наличие сложной структуры у элементарных частиц и реальность процессов в масштабах  $10^{-14}$  см и менее. В структуре атомных ядер, элементарных частиц и полей взаимодействия распространяются с конечной скоростью

---

<sup>1</sup> См. А. Н. Вальцев. Дискретное пространство—время. М., Изд-во «Наука», 1965.

и в форме близкодействия — от точки к точке. Близкодействие в распространении сигналов обусловлено выполнением принципа причинности и законов сохранения материи и ее важнейших свойств. Но это значит, что существование материи и определенные изменения возможны в любых, сколь угодно малых пространственно-временных масштабах.

Допущение дискретности пространства и времени означает признание возможности того, что существуют последние и бесструктурные элементы материи. Но выше было показано, и каким противоречиям приводит это представление. Любой материальный объект неисчерпаем в своей структуре, хотя с изменением масштабов свойства и законы строения материи должны также качественно меняться.

Кроме того, идея дискретности времени не может быть обоснована даже в логическом плане. Время, как форма бытия материи, выражает процесс становления, длительность существования всех объектов, последовательность их изменения и пребывания в определенном качестве. Если допустить, что время абсолютно прерывно и состоит из неделимых «квантов», то это будет означать, что материя то существует, то не существует, то снова существует и т. д. Но это противоречит принципу ее несотворимости и неуничтожимости. Выполнение же данного принципа означает непрерывность бытия материи, а тем самым и времени, хотя время существования конкретных качественных состояний материи может быть ограниченным, а следовательно, и прерывным.

Квант времени получают путем деления кванта пространства на скорость света  $\tau_0 = \frac{10^{-13} \text{ см}}{3 \cdot 10^{10} \text{ см/сек}} \approx 3 \cdot 10^{-24} \text{ сек}$ . Но при этом неявно предполагают, что свет или любое другое взаимодействие распространяются внутри неделимого объема. Поскольку же распространение всегда происходит с конечной скоростью, то фронт волны возмущения делит и пространство, и время на меньшие интервалы. Если же допустить, что такое деление невозможно, то тогда распространения волны не будет. Воздействие сразу охватывает весь минимальный объем, и скорость его будет бесконечна, что невозможно. Не получается тогда и наименьшего значения интервала времени, так как при бесконечной скорости сигнал сразу охватывает всю систему за бесконечно малый промежуток, который не имеет определенного значения.

Все эти противоречия (а к ним можно добавить и множество других, которые мы не приводим за отсутствием места) говорят о том, что идея существования последних и неделимых далее элементов материи, пространства и времени не может быть признана правильной. Однако это не значит, что в гипотезе квантования пространства и времени, «элементарной длины» не содержится ничего рационального. При оп-

ределенном подходе к ее истолкованию в ней можно выделить некоторые положительные моменты.

Выше отмечалось, что элементарные частицы обладают огромной энергией внутренних связей, сравнимой с энергией массы покоя. Этому, несомненно, должны соответствовать и новые пространственно-временные свойства, определяемые связями и взаимодействиями тел. Трудности с бесконечностями в теории элементарных частиц возникают прежде всего потому, что при расчете значений свойств частиц неявно предполагают, что такие свойства, как масса, электрический заряд, способность к гравитационным взаимодействиям, специфические законы связи частиц с полем излучения и др. простираются до сколь угодно малых масштабов в структуре частиц, что эта структура качественно однородна. Между тем для таких предположений нет оснований, хотя, может быть, они и естественны, в силу стремления к упрощению теории.

Количественные изменения в значении свойств должны приводить к коренным качественным изменениям. Поэтому можно предполагать, что те элементы материи, которые образуют элементарные частицы, сами могут не обладать гравитационной массой, электрическим зарядом, магнитным моментом, спином и т. п., а имеют некоторые совершенно другие свойства, подчиняются качественно иным законам. Они могут быть так же не похожи на элементарные частицы, как последние не похожи на макроскопические тела. Все специфические свойства элементарных частиц возникают в результате неаддитивных взаимодействий свойств тех элементов материи, которые существуют в их структуре. Это может быть аналогичным тому, как, например, свойства макроскопических тел — упругость, вязкость, теплопроводность, электропроводность, текучесть, способность к определенным химическим реакциям и многие другие — возникают в результате неаддитивных взаимодействий атомов и элементарных частиц, которые данными свойствами не обладают, но зато характеризуются качественно иными свойствами и законами.

В связи с этим можно предполагать, что прерывным или квантованным может быть пространство действия многих специфических свойств элементарных частиц: электрического заряда, магнитного момента, гравитационной массы, спина и др., но не пространство как форма бытия всех возможных в структуре микрообъектов видов материи. Данные свойства могут возникать на уровнях порядка  $10^{-14}$  см, но их нельзя экстраполировать на меньшие масштабы. Аналогично этому в меньших масштабах утрачивают силу и многие законы взаимодействия элементарных частиц, ограничивается сфера применимости современной теории.

Точно так же квантованным может быть время изменения элементарных частиц, как целостных образований, но не вре-

мя всех возможных в их структуре процессов, протекающих в меньших масштабах. «Элементарная длина» в теории микро-частиц может как раз представлять нижнюю границу меры в существовании многих свойств макроскопических тел и микро-частиц, за которой начинается неисчерпаемый мир с совершенно иными свойствами. Именно поэтому в физике ныне постоянно ожидается новая необычная теория, разрывающая с привычными представлениями и по-новому объясняющая все разрозненные факты в области микромира. Реальная бесконечность природы включает в себя неограниченную последовательность уровней строения материи и соответствующих им специфичных законов. Но при всей разнородности природы в ней существует и единство.

## **Диалектика единства и многообразия в законах движения материи**

---

В материальном мире существуют три группы законов: 1) всеобщие или универсальные; 2) общие для достаточно большого множества явлений; 3) частные или специфические. К первым относятся единые диалектические принципы бытия, проявляющиеся во всех явлениях природы и общества: закон причинности, закон единства и борьбы противоположностей, взаимного перехода количественных и качественных изменений, законы взаимоотношения сущности и явления, возможности и действительности, формы и содержания и ряд других. Они изучаются в рамках диалектического материализма, хотя и частные науки вносят определенный вклад в их понимание, раскрывая формы их проявления в различных областях действительности.

Ко второй группе относятся некоторые весьма общие законы естествознания: закон сохранения энергии, массы, электрического заряда, закон естественного отбора в биологии, единства организма и условий его существования, закон соответствия производительных сил и производственных отношений и т. п. Этим законам подчиняется множество объектов и явлений в соответствующей области действительности, а некоторые из них, как, например, отдельные законы сохранения, проявляются на всех известных уровнях структуры материи. Но они все же не имеют столь общего характера, как законы первой группы, действующие в природе, обществе, в развитии познания, вообще во всех явлениях.

И наконец, к третьей группе принадлежат законы частных

видов материи, не слишком распространенных явлений, законы изменения конкретных состояний объектов или определенной ступени развития материальных систем. Каждая область естествознания и техники открывает множество таких законов. Их сфера действия ограничена в пространстве и времени, как, впрочем, и многих законов второй группы. Вечными во времени и повсеместно действующими являются только законы первой группы. Они представляют единые универсальные принципы всякого бытия. По мере развития диалектико-материалистической философии и частных наук открываются все новые всеобщие законы и углубляется понимание уже известных законов.

К открытию единых, всеобщих законов наука стремилась во все времена. Познание их позволило бы с единой точки зрения объяснить все явления. Многие философы думали, что тогда вообще не осталось бы никаких тайн в природе. Все ее стороны и процессы можно было бы раскрыть на основе последовательного логического мышления, опирающегося на исходные всеобщие принципы.

В период XVII—XIX веков такими законами считались уравнения механики Ньютона, которые распространялись на все явления и масштабы. К ним пытались свести впоследствии законы электромагнитного поля, термодинамики, теории атома, химии, биологии и др. Причинная связь явлений в развитии здесь сводилась к однозначной детерминированности будущих явлений прошлыми. Считалось, что каждое данное состояние любой материальной системы включает в себе в потенциальной форме возможности всех ее будущих состояний. Прошное однозначно детерминирует или предопределяет будущее. Если бы удалось точно установить координаты и импульсы всех микрочастиц, составляющих тело, а также всех макроскопических тел во Вселенной, раскрыть силы, воздействующие на них, составить для каждого тела и частицы соответствующее уравнение движения, затем суммировать решения всех уравнений, то можно было бы на основе этого вычислить любое будущее состояние, а также описать развитие системы в прошлом. Такой взгляд высказывался Гюббсом, Лапласом и рядом других ученых. Он получил название механического детерминизма.

В рамках этой концепции все законы природы сводились к динамическим законам, которые однозначно детерминируют течение событий. Вероятность и случайность в природе отвергались, они считались результатом неполноты нашего знания всех причин явлений. Познание всех причин якобы устраняет случайность и сводит вероятностное предсказание к совершенно достоверному. Неудачу попыток свести вероятностные законы статистической физики к механическим законам считали следствием одних только теоретических трудностей, невоз-

возможностью учесть огромное количество взаимодействий. Но с принципиальной стороны, такое сведение возможно, ибо в основе всех статистических законов лежат динамические.

Развитие философии диалектического материализма и квантовой физики показало, что все эти представления являются весьма упрощенными. В действительности статистико-вероятностные законы несводимы к однозначно детерминированным динамическим законам прежде всего потому, что всякая существующая система является незамкнутой, обладает бесчисленными внешними связями. Во-вторых, материя неисчерпаема в своей структуре, множество ее возможных внутренних состояний бесконечно. Эти бесчисленные внутренние и внешние связи системы определяют несводимость вероятностных законов к динамическим. Кроме того, нужно учитывать также тот принципиальный факт, что в развитии материи имеет место переход количественных изменений в качественные, связи и воздействия тел складываются неаддитивно. Происходит также переход одних форм материи и движения в качественно другие. Поэтому в развитии постоянно возникают новые возможности, не существовавшие раньше, в предшествовавших состояниях. Не все из этих возможностей переходят в действительность. Благодаря наличию противодействующих факторов из множества возможностей системы в действительность переходят лишь некоторые, а остальные не реализуются и со временем исчезают. Отношение числа реализованных возможностей к их общему количеству, существовавшему в предшествовавшем состоянии, и выражает объективную вероятность возникновения рассматриваемого явления. Если, скажем, в системе было 10 возможностей, а реализовалась 1, то объективная вероятность будет равна 0,1. Наличие в природе и обществе множества нереализующихся возможностей также обуславливает объективный характер статистических законов и несводимость их к динамическим.

И действительно, уравнения квантовой теории являются статистико-вероятностными, и в силу указанных выше причин нет надежды свести их к динамическим законам. Вероятностные законы имеются также в биологии, им подчиняются, например, конкурентные отношения между видами и борьба за существование, наследование организмом признаков его предков. Существует множество вероятностных законов и в обществе, в сфере производства (транспорта, торговли), политических отношений и т. п. Чем сложнее форма движения и чем больше свойства целостной системы отличаются от суммы свойств ее составных элементов, тем в большей степени проявляются вероятностные законы.

Исследование природы постоянно раскрывает все новые стороны качественной разнородности явлений природы, их несводимости друг к другу. Это различие уровней проявляется

как в структуре материи, так и в ее развитии. Подобно тому, как законы микромира несводимы к законам макроскопических процессов, так и законы биологических и общественных форм движения не сводятся к законам физики, процессам в неживой природе.

И тем не менее на каждом этапе развития науки существует неугасающая тенденция открыть единые, всеобщие законы природы, которые объединяли бы все явления. Эта тенденция имеет определенные объективные основания. Открытие общего в мире всегда продвигало познание вперед намного дальше, чем познание какого-либо частного явления. Знание общего расширяет ту базу, на которой происходят дальнейшие открытия. Ведь всякое неизвестное может быть познаваемо и понято нами лишь постольку, поскольку удастся установить его внутреннюю связь с уже известным, и когда это сделано, круг познанных явлений расширяется. Единые законы, обладающие большой степенью общности, как раз выполняют функцию того моста, через который знание переходит от известного к неизвестному. Поэтому поиски единых законов имеют огромное значение не только для понимания свойств природы, как таковой, но и для развития теории познания, научного метода исследования.

Но при этом необходимо помнить, что установление единых количественных законов возможно лишь в том случае, если и по качеству явления тоже будут едины. Ибо количество не существует вне связи с определенным качеством. Общность качеств тел имеет место в рамках определенных структурных уровней, например на уровне элементарных частиц и атомных ядер, атомов и молекул, макроскопических тел. На этих конкретных уровнях и возможно открытие единых законов движения. Так, в принципе возможно создание единой теории элементарных частиц и полей, единой теории химических взаимодействий, основывающейся на законах квантовой механики. Возможно в принципе создание единой теории развития звезд, единой теории жизненных процессов.

Следует отметить также такую важную форму раскрытия единства в природе, которая находит отражение в так называемом принципе соответствия в современной физике. Данный принцип выражает наличие преемственной связи между физическими теориями в их развитии. Если определенная теория подтверждена в своей основе на практике и нашла многочисленные технические применения, то она не опровергается при возникновении каждой новой, более общей теории, а лишь ограничивается в своей применимости. Уравнения новой теории могут заключать в себе, в виде частных случаев, уравнения прежней теории и переходить в них при определенных значениях параметров. Между новой и старой теориями и их математическим аппаратом существуют определенное соот-

ветствие и внутренняя логическая связь. Так, квантовая механика и теория относительности не опровергли классическую механику, термодинамику, оптику и электромагнитную теорию, а лишь показали неверность некоторых метафизических положений этих наук, связанных с общей механической картиной мира и абсолютизацией известных тогда свойств и законов движения материи. Они вскрыли также пределы применимости «классических» теорий. Но последние и поныне сохраняют свою объективную ценность при объяснении макроскопических процессов или движений при скоростях, значительно меньших скорости света. Уравнения квантовой механики и теории относительности переходят в уравнения классической механики при малых скоростях движения частиц, игнорировании дискретности действия в микромире, единства корпускулярных и волновых свойств и некоторых других специфических квантово-релятивистских эффектов.

Учет принципа соответствия имеет важное эвристическое значение при построении всякой новой теории. Новая теория может считаться достаточно правдоподобной (до подтверждения ее на практике) лишь в том случае, если формулируемые в ней уравнения переходят в предельном случае в уравнения для исследованных явлений, с которыми должны быть связаны рассматриваемые в новой теории объекты. Если же такого перехода нет и все известные законы стоят особняком, никак не вытекают из принципов вновь предлагаемой теории и даже противоречат ей, то это вызывает сомнение в ее справедливости. Необходимо продолжать поиски новых вариантов теорий, где было бы такое соответствие.

Применение принципа соответствия приводит к открытию законов все большей степени общности, а тем самым к раскрытию форм единства в мире, взаимной обусловленности явлений. Так, процессы в микромире обуславливают все макроскопические явления и формы движения в космических масштабах, и сами они в свою очередь зависят от них.

Однако из сказанного не следует делать вывода, что развитие науки всегда будет происходить путем открытия количественных законов все большей и большей степени общности, пока, наконец, мы не придем к уравнению, объясняющему весь мир и заключающему в себе в виде частных собственных решений все другие уравнения и законы. Единство мира не означает единообразия и однородности его строения. Напротив, оно предполагает качественную разнородность явлений природы, структурную неисчерпаемость материи. Это обусловлено действием всеобщего принципа перехода количественных изменений в качественные, согласно которому количественные изменения в состоянии и свойствах тел на определенном этапе обязательно ведут к коренным качественным изменениям, переходу на новые структурные уровни, где объекты

обладают качественно иными свойствами и подчиняются другим специфическим законам. Поэтому реальная бесконечность природы является структурно неоднородной, включающей в себя многообразие уровней структурной организации материи и соответствующих им границ мер, характеризующих пределы действия конкретных количественных законов и частных свойств тел.

В связи с этим необходимо уточнить представление о единстве мира. В прошлом единство мира зачастую сводилось к его единообразию, к однородности строения и подчинению всех объектов одним и тем же законам. Каждое явление рассматривалось в качестве существенного звена в некоторой гигантской цепи, связывающей по единому закону все процессы. В мире ничто не происходит случайно, но все представляет форму проявления всеобщей необходимости. Такая модель единства мира может быть названа функциональной. Каждому явлению в ней отведено определенное место, оно рассматривается как деталь в общей гигантской машине, подчиняющейся единым количественным законам. В рамках механической картины мира такими законами считались принципы классической механики.

В настоящее время ясно, что эта модель единства мира является упрощенной. Все биологические и общественные процессы не подчиняются законам механики, а развиваются по собственным закономерностям. Также свойства живых организмов и общественных систем несводимы к свойствам неорганических тел. Различия обнаружены также между явлениями микромира и макроскопическими процессами, а также законами их изменений. Наука во все большей степени раскрывает многокрасочность и структурную неоднородность мира.

Поэтому в современной науке возрастает доля ненаглядного содержания, для которого не выработано чувственных образов.

В связи с этим изменилось понятие научного объяснения вновь открываемых фактов и законов. Раньше под объяснением всегда понимали сведение непонятного к более понятному, чувственно наглядному. В современной теории зачастую бывает наоборот, когда непонятное объясняется на основе еще более непонятного, не имеющего аналога в чувственных образах. Ибо, с точки зрения современной теории, объяснить какой-либо закон или свойство объектов — это значит вывести его в качестве частного следствия из некоторого более общего закона или принципа, который, однако, тоже может не обладать наглядностью. Но для процесса последовательного количественного обобщения законов существуют объективные ограничения, обусловленные структурной неоднородностью материи, качественным различием форм движения. Так, не

может быть единого закона для квантовых процессов и общественных явлений или особенностей развития личности. Эти явления относятся к разным структурным уровням и формам движения, хотя они и связаны между собой. Ввиду этого не может быть признана правильной функциональная модель единства мира.

Значительно большей степенью общности по сравнению с функциональной моделью обладает вещественная модель единства мира. С этой точки зрения, хотя законы движения систем в мире различны, но их строение и состав могут быть едиными. Все известные космические системы, макроскопические тела, живые организмы состоят из одних и тех же элементарных частиц и полей. Эти представления не противоречат пока никаким известным современной науке фактам. Но тем не менее было бы неправильно и их абсолютизировать, возводить в ранг философской теории мира. Здесь мы сделали бы такую же ошибку, которая допускалась, когда понятие материи, как философской категории, отождествляли с одной какой-либо формой материи, например веществом или неделимыми атомами. В силу действия того же закона перехода количественных изменений в качественные и структурной неоднородности мира мы можем предполагать, что известные современной науке элементарные частицы и поля не исчерпывают всех существующих в мире форм материи, и что в природе существуют такие объекты, которые совершенно не похожи на данные частицы и поля. Но всем им, однако, будет присуща объективность, способность к взаимодействиям и движению, структурность, пространственные и временные свойства, тенденция к объединению в системы различного порядка и закономерному саморазвитию. Все они будут подчиняться закону сохранения материи и движения, закону причинности, единства и взаимодействия противоположностей, взаимного перехода количественных и качественных изменений, а также ряду других диалектических закономерностей, которые характеризуют всякое материальное бытие. Поэтому, с точки зрения философских принципов диалектического материализма, мы можем выдвинуть атрибутивную модель единства мира, в которой допускается структурная неоднородность природы, многообразие и неисчерпаемость видов материи и законов ее движения, но вместе с тем раскрываются всеобщие свойства и законы движения материи. Такая модель имеет значение философского мировоззрения. Это значит, что единая теория материи в принципе возможна и даже необходима, но лишь как философское мировоззрение, основывающееся на принципах диалектического материализма. Разумеется, все принципы диалектического материализма сами выведены на основе обобщения достижений естествознания и общественных наук, всей материально-производственной прак-

тики человечества. Но законы диалектики не выступают как какие-то функциональные уравнения, поскольку они не ограничены определенными условиями действия, конкретными параметрами и константами, количественной формой. Они имеют универсальную сферу применимости и поэтому могут быть сформулированы в основном лишь в общей качественной форме. Это, однако, не уменьшает их огромного значения, их действенной творческой роли в познании мира.

Итак, мы видим, что материя в своей сущности едина, ибо она всеобща и абсолютна, представляет основу всех явлений. Но вместе с тем она разнородна, качественно неисчерпаема и бесконечна. Исследование этого единства противоположностей, диалектики единства и многообразия составляет важнейшую философскую проблему физики и других наук.

---

## ЛИТЕРАТУРА

- Энгельс Ф. Диалектика природы. М., Госполитиздат, 1949.
- Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм. Полн. собр. соч., т. 18.
- Бранский В. П. Философское значение «проблемы наглядности» в современной физике. Изд. Ленингр. университета, 1962.
- Готт В. С. Симметрия и асимметрия. М., «Знание», 1965.
- Готт В. С. Пространство и время микромира. М., «Знание», 1964.
- Зельдович Я. Б. Современная физика и астрономия. «Вопросы космогонии», т. IX, М., Изд-во АН СССР, 1963.
- Кедров Б. М. Предмет и взаимосвязь естественных наук. М., Изд-во АН СССР, 1962.
- Кольман Э. Я. Ленин и новейшая физика. М., Госполитиздат, 1961.
- Кузнецов Б. Г. Эволюция картины мира. М., Изд-во АН СССР, 1961.
- Кузнецов И. В. Принцип соответствия в современной физике и его философское значение. М., Гостехиздат, 1948.
- Мелюхин С. Т. Проблема конечного и бесконечного. М., Госполитиздат, 1958.
- Мостепаненко М. В. Материалистическая сущность теории относительности. М., Соцэкгиз, 1962.
- Овчинников Н. Ф. Понятия массы и энергии в их историческом развитии и философском значении. М., Изд-во АН СССР, 1957.
- Омельяновский М. Э. Философские вопросы квантовой механики. М., Изд-во АН СССР, 1956.
- Рейхенбах Г. Направление времени. М, ИЛ, 1962.
- Сачков Ю. В. О материалистическом истолковании квантовой механики. М., Госполитиздат, 1959.
- Свечников Г. А. Категория причинности в физике. М., Соцэкгиз, 1961.
- Свечников Г. А. Бесконечность (неисчерпаемость) материи. М., Изд-во «Знание», 1965.
- Свидерский В. И. Пространство и время. М., Госполитиздат, 1958.
- Уитроу Д. Естественная философия времени. М., «Прогресс», 1964.
- Фаталиев Х. М. Диалектический материализм и вопросы естествознания. М., «Советская наука», 1958.
- Философские вопросы современной физики. М., Изд-во АН СССР, 1959.
- Философские проблемы физики элементарных частиц. М., АН СССР, 1964.
- Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии. Киев, Изд-во «Наукова думка», 1964.
- Штейнман Р. Я. Пространство и время. М., Физматгиз, 1962.

## СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Связь философии и физики . . . . .	3
Структура материи и единство мира . . . . .	7
Диалектика микромира . . . . .	14
Философские вопросы учения о пространстве и времени	23
Диалектика единства и многообразия в законах движе- ния материи . . . . .	33
Литература . . . . .	46

## Серафим Тимофеевич Мелюхин

Научный редактор Ю. Б. Молчанов  
Редактор Г. Н. Савватеева  
Худож. редактор Е. Е. Соколов  
Техн. редактор Л. А. Дороднова  
Корректор Н. Д. Мелешкина

---

Сдано в набор 19/І 1966 г. Подп. печати 25/ІІ 1966 г.  
Изд. № 80. Формат бум. 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бум. л. 1,5. Печ. л. 3,0.  
Уч.-изд. л. 2,82. А 12262. Цена 9 коп. Тир. 56 000 экз. Зак 232.  
Издательство «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.

---

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

---

**В 1966 году в издательстве «Знание» в серии  
«Философия» выйдут следующие брошюры:**

**Беседы по актуальным проблемам науки. Сборник.**

**Келле В. Ж., доктор философских наук.**

**Коммунизм и духовный прогресс.**

**Г. Е. Глезерман, доктор философских наук.**

**Диалектика объективных условий и субъективного фактора в строительстве коммунизма.**

**Ковальзон М. Я., доктор философских наук.**

**Мировоззрение и мораль.**

**Фриш А. С., кандидат философских наук.**

**Способности, потребности, интересы.**

**Коган Л. Н., доктор философских наук.**

**Рост духовной культуры советских рабочих.**

**Бадеева Г. В., кандидат философских наук.**

**Труд и творчество.**

**Попов С. И., доктор философских наук.**

**Философия современных правых социалистов в тупике.**

**Копнин П. В., доктор философских наук.**

**Логика научного познания.**

**Нарский И. С., доктор философских наук.**

**Актуальные проблемы марксистской теории познания.**

**Андреева Г. М., доктор философских наук.**

**Буржуазная социология в поисках теории.**

**Данилова Л. Н., кандидат философских наук.**

**Критика антикоммунистических концепций открытого общества.**

**На все перечисленные брошюры вы можете подписаться.**

**Подписная цена**

**с 1 апреля 1966 года — 1 руб. 35 коп.**

**Индекс 70065**

**Эти брошюры можно также и заказать в магазинах книготорга по аннотированному плану издательства.**

---

9 коп.

Индекс  
70065

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»  
Москва 1966