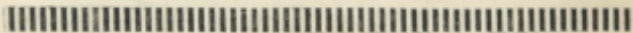


С.И. ВАВИЛОВ

ЛЕНИН

и современная
физика



Из работ выдающегося советского физика С. И. Вавилова, посвященных проблемам философии и истории науки, в это издание включены две: «Ленин и современная физика» и «Развитие идеи вещества».

Талантливый популяризатор и знаток истории науки С. И. Вавилов в форме, доступной для широкого читателя, рассказывает о развитии представлений о веществе и о важнейших проблемах физики XX в. Глубина анализа многих наиболее принципиальных вопросов и особенностей современной физики, а также богатство материала по истории науки делают эти работы С. И. Вавилова интересными и актуальными, несмотря на то, что со времени их первой публикации (1940—1944 гг.) физика обогатилась множеством новых фактов.

Под редакцией

Д. И. БЛОХИНЦЕВА и И. М. ФРАНКА

ПРЕДИСЛОВИЕ

Из ряда работ выдающегося советского ученого Сергея Ивановича Вавилова, посвященных В. И. Ленину и философским проблемам физики, в настоящее издание включены две: «Ленин и современная физика» — доклад, прочитанный на общем собрании Академии наук СССР в феврале 1944 г., а затем для широкой публики — в Колонном зале Дома Союзов¹; «Развитие идеи вещества» — также доклад, прочитанный на собрании Отделения истории и философии АН СССР 24 декабря 1940 г.² В творчестве С. И. Вавилова эти статьи не были случайными. Глубокий знаток истории науки и культуры, он много лет плодотворно работал над проблемами истории и философии физики. Ряд его трудов в этой области пользуется широкой известностью³.

¹ Доклад был опубликован в ряде журналов и в газетах: Вестник АН СССР, 1944, № 3, 33—49; Усп. физ. наук, 1944, 26, 2, 113—132; Под знаменем марксизма, 1944, № 2—3, 36—53; Электричество, 1944, № 4, стр. 1; № 5—6, стр. 5; Правда, 16 февраля 1944 г.; Известия, 15 февраля 1944 г.; В кн.: «Общее собрание АН СССР 14—17 февраля 1944 г.». М.—Л., Изд-во АН СССР, 1944, стр. 38—56; Стенограмма публичной лекции, прочитанной в Колонном зале Дома Союзов в Москве. М., 1944, 25 стр.; С. И. Вавилов. Собрание сочинений, т. III. Изд-во АН СССР, 1956, стр. 62—84; С. И. Вавилов. Ленин и физика. Сборник статей. Изд-во АН СССР, 1960.

² Вестник АН СССР, 1941, № 1, 12—88; Под знаменем марксизма, 1941, № 2, 95—112; С. И. Вавилов. Собрание сочинений, т. III. Изд-во АН СССР, 1956, стр. 41—62; С. И. Вавилов. Ленин и физика. Сборник статей. Изд-во АН СССР, 1960.

³ Такова, например, его прекрасная книга «Исаак Ньютон». Историческим и философским работам целиком посвящен третий том собрания сочинений С. И. Вавилова.

Философские высказывания С. И. Вавилова в этих статьях — бесспорно результат многих лет раздумий. Они сохранили свое значение и сейчас, хотя со времени их первой публикации прошло уже свыше 25 лет.

С книгой В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм» С. И. Вавилов познакомился восемнадцатилетним юношей, в 1909 г., еще не зная, что ему предстоит стать физиком. В своих автобиографических записках он подробно пишет о годах обучения в коммерческом училище. В частности, рассказывая о том, насколько пустопорожним было преподавание предмета «Право и политическая экономика», он восклицает: «И все это было после 1905 года — удивительно!» Этой пустоте противопоставлялся жадный интерес самого С. И. Вавилова и его товарищей к социальным проблемам. Он пишет: «Сами мы в это время читали или делали вид, что читали брошюры Маркса и Энгельса, Бебеля и Дидгена, эмпириокритические замечания Карстаньена, Луначарского. Я в 1909 году купил «Материализм и эмпириокритицизм» Вл. Ильина, на книжке даже сохранились мои пометки того времени»⁴.

Разумеется, С. И. Вавилов в то время еще не знал, кто в действительности был Вл. Ильин, но уже тогда имел представление об идеологической борьбе между материалистами и эмпириокритиками, «гораздо большее, чем теперь его обычно имеют»⁵.

С. И. Вавилов обладал изумительной памятью, и любая книга, прочитанная им, а тем более продуманная, навсегда закреплялась в его памяти. Можно не сомневаться, что в его научное и философское мировоззрение, которому еще предстояло складываться многие годы, громко вошла эта книга В. И. Ленина. К ней он в дальнейшем обращался неоднократно уже во всеоружии широчайших знаний науки физики и истории ее развития.

⁴ Напомним читателю, что «Материализм и эмпириокритицизм» был написан В. И. Лениным во второй половине 1908 г. и издан под псевдонимом Вл. Ильин издательством «Звено» в 1909 г. Таким образом, С. И. Вавилов купил книгу Ленина сразу же после ее опубликования.

⁵ Над автобиографическими записками С. И. Вавилов работал в последние годы жизни (1949—1951 гг.). Рукопись осталась незавершенной.

ВЛ. ИЛЬИНЪ.

МАТЕРІАЛИЗМЪ
И
ЭМПИРИОКРИТИЦИЗМЪ

критическія замѣтки объ одной
реакціонной философіи

ИЗДАНИЕ „ЗВЕНО“
МОСКВА
1909

Статья «Ленин и современная физика» начинается словами, весьма характерными для С. И. Вавилова: «В. И. Ленин был русским интеллигентом в широком и лучшем смысле. Великому революционеру, гениальному теоретику и практику социализма всегда, и в годы эмиграции, и в эпоху создания Советского государства, интересы культуры, науки, техники и искусства были близкими и своими». Хочется подчеркнуть эти слова русского интеллигента и патриота С. И. Вавилова, тем более, что прежнее понимание слова интеллигент впоследствии трансформировалось и ему зачастую придавался превратный смысл. Более того, это слово иногда звучало даже почти как ругательство.

В прошлом «интеллигенция» вовсе не означала людей, просто получивших образование, а тем более людей, носивших шляпу или очки. Далеко не все чиновники, зажиточные инженеры и т. п., несмотря на официально полученные ими дипломы, могли считаться интеллигентными людьми, но зато многие самоучки, вышедшие из народа и не имевшие дипломов, бесспорно были интеллигентами. Общим для той части русской интеллигенции, о которой пишет С. И. Вавилов, было не столько официально полученное образование, сколько высокий уровень духовной культуры и особенно вера в ценность для человечества достижений культуры и науки, которая в какой-то мере была неотделима и от социальных стремлений.

Из интеллигенции вышло немало борцов с самодержавием, и она дала человечеству Ленина. Вместе с тем интеллигенция и по социальному составу, и по политическим убеждениям была чрезвычайно разнородна. Далеко не вся она и не сразу признала пролетарскую революцию. В том, что уже в первые годы после Октября многие представители интеллигенции, даже далекие от большевизма, стали в ряды строителей Советского государства, — огромная заслуга В. И. Ленина.

Для молодого С. И. Вавилова здесь не было проблемы. В 1918 г., демобилизовавшись из армии, он по приглашению выдающегося советского ученого и организатора науки П. П. Лазарева начал работу в созданном академиком Лазаревым Институте физики и биофизики в Москве. С самого начала своей деятельности С. И. Вавилов не просто физик, но активный деятель советской культуры.

Сначала (так же как и в дальнейшем) популяризатор науки, а затем и талантливый ее организатор⁶.

Статья «Ленин и современная физика» написана в дни, когда Великая Отечественная война уже приближалась к окончательной победе. В конце статьи С. И. Вавилов пишет о мощи советской военной техники, тем самым подводя итоги научно-техническому прогрессу СССР — реальному воплощению ленинских идей.

Статья «Развитие идеи вещества», как уже отмечалось, написана в 1940 г., т. е. еще в довоенные годы. Эта статья в равной мере посвящена как истории представлений о веществе, так и философии науки. Философские высказывания в ней уже в основном те же, которые в более четкой форме будут сформулированы в работе «Ленин и современная физика». Вместе с тем статья содержит большой материал по истории физики и сейчас может служить иллюстрацией к мыслям философской работы «Ленин и современная физика». Разумеется, эти статьи и в философском плане перекрываются не полностью.

Статье «Развитие идеи вещества» С. И. Вавилов несомненно придавал значение, однако не считал ее полностью завершенной. Сохранились его записи, сделанные для себя десять лет спустя: «О популярных книгах, которые следовало бы написать». В числе трех он называет: «Вещество (вариации на тему моей статьи «Развитие идеи вещества»)». Осветить вопрос от электрона до человека полезно бы для других и для себя».

Осуществление замысла этой книги, как и двух других, по поводу которых он написал: «Считаю это обязанностью», помешала кончина С. И. Вавилова⁷.

С. И. Вавилов начинает первый раздел статьи «Ленин и современная физика» вопросом: «Почему из всего необъятного числа наук о природе внимание В. И. Ленина сосредоточилось именно на физике?». Он отмечает

⁶ С 1929 г. он профессор Московского государственного университета. В 1931 г. он избирается членом-корреспондентом АН СССР и в 1932 г. — академиком АН СССР и одновременно становится научным руководителем Государственного оптического института. В 1932 г. основатель, а затем директор Физического института им. П. Н. Лебедева. В 1945 г. он избирается Президентом Академии наук СССР и остается на этом посту до своей кончины.

⁷ С. И. Вавилов скончался 25 января 1951 г. Запись в дневнике была сделана менее чем за месяц до смерти.

особую роль физики и говорит о том необычайно напряженном положении, которое создалось в этой области науки в начале нашего века.

«На долю физики среди естественных наук выпала жребий, исключительный по значению.

...Крайняя широта, общность и «элементарность» содержания приводят физику в ее наиболее принципиальных положениях в непосредственное соприкосновение с философией, точнее — с теорией познания. ...Физика и теория познания связаны исторически и по существу».

Если связь физики с теорией познания, определившая особое внимание к ней В. И. Ленина, теперь очевидна и физику и философу, то вопрос о роли физики среди естественных наук, который обсуждает С. И. Вавилов, и о ее взаимосвязи с ними и техникой — проблема интересная и сложная. Говоря о значении физики в развитии техники, С. И. Вавилов отмечает также и то, что «элементарность, расчлененность, рациональность и количественный характер делают ее исключительно приспособленной для технической изобретательской мысли, комбинирующей с практической целью известные элементы».

В статьях С. И. Вавилова рассмотрен ряд связанных с физикой проблем большого принципиального значения. При этом истинный экспериментатор С. И. Вавилов доверял только тому, что было твердо обосновано опытом, и всегда предостерегал от поспешного признания тех или иных выводов теории окончательными. Он понимал, что обнаружение новых фактов может привести либо к каким-то ограничениям их применимости, либо даже к их пересмотру. Поэтому ему была свойственна известная осторожность в оценках выводов теории.

Вместе с тем С. И. Вавилов вовсе не был склонен недооценивать роль теории. Наоборот, в статье «Ленин и современная физика» он подчеркивает особое значение теории в современной физике. Он говорит о методе, «который можно назвать методом математической гипотезы, или математической экстраполяции. Положим, что из опыта известно, — пишет он, — что изученное явление зависит от ряда переменных и постоянных величин, связанных между собой приближенно некоторым уравнением. Довольно произвольно видоизменяя, обобщая это уравнение, можно получить другие соотношения между переменными».

Продолжая мысль С. И. Вавилова, можно сказать, что по существу современный теоретик широко ставит математический эксперимент, занимаясь поисками математических соотношений, круг которых, однако, ограничен, так как они должны удовлетворять ряду требований, необходимых для физической теории.

Иллюстрируя этот метод, С. И. Вавилов цитирует статью Дирака об основах современной квантовой механики и резюмирует ее так: «Не приходится спорить о целесообразности или правомерности изложенных приемов, ничего иного в новой, неизведанной и непонятной нам (в обычном смысле) области не предложено, и только успех, т. е. совпадение теории с опытом, решает дело... Таким образом,— пишет С. И. Вавилов,— математика в новой физике приобрела громадное эвристическое, т. е. направляющее значение, которого она не имела раньше».

В самом деле в современной физике следствия математического эксперимента стимулируют поиски физиков-экспериментаторов, а данные их опытов ведут к новым «математическим экстраполяциям».

Будучи врагом всяких модных увлечений (они бывают и в науке), С. И. Вавилов обычно одним из первых замечал и обращал внимание других на истинно новые точки зрения и факты. При этом выяснение их принципиальной философской сущности он считал необходимым. Отсюда его постоянный интерес к проблемам, возникшим в связи с развитием квантовой механики и теории относительности. Так, например, он неоднократно возвращался к рассмотрению принципа неопределенности в квантовой механике. В 1950 г. в статье «Ленин и философские проблемы современной физики» он дал очень ясную физическую его трактовку. Он пишет следующее:

«...современный физик вынужден пользоваться почти всем арсеналом понятий, связанных с частицей и волной, и в результате сочетания опытных фактов волей-неволей приходит к пресловутому соотношению неопределенностей, относительно которого переломано столько копий. Это соотношение выражает в общей форме только несомненно установленный факт невозможности до конца последовательно провести представление о частицах и волнах в применении к реальному веществу и свету. В этой формуле перед нами вовсе не философская загадка, а одно из выражений неприменимости полностью пред-

ставлений обыденного мира к тонким свойствам вещества и света»⁸.

Большое значение С. И. Вавилов придавал как специальной, так и общей теории относительности. Еще в 1928 г. он издал книгу «Экспериментальные основания теории относительности»⁹, книгу, в своем роде единственную и до сих пор. Она состоит из восьми глав. Первые четыре посвящены специальной теории относительности, а четыре последние — экспериментальным фактам, связанным с общей теорией относительности. В первой из них, т. е. в пятой главе, рассматривается эквивалентность гравитационной и инертной масс — постулат, лежащий в основе общей теории относительности. Именно этот постулат об эквивалентности гравитационной и инертной массы — исходный пункт «математической экстраполяции», на котором зиждется великолепное здание общей теории относительности. Ко времени издания книги Вавилова общая теория относительности многими еще воспринималась как абстрактная математическая теория и рассматривалась в большей степени как философская, чем физическая концепция. Поэтому анализ С. И. Вавиловым экспериментальных основ и следствий теории имел большое значение. По поводу основного постулата теории С. И. Вавилов пишет: «К счастью для теории, эквивалентность масс установлена с такой точностью, перед которой меркнет точность опытов, послуживших основой частного принципа». Содержание следующих глав книги Вавилова понятно из их названий: «VI. Тяготение света», «VII. Вращение планетных орбит», «VIII. Смещение спектральных линий в поле тяготения».

Вывод, который содержится в последних строках книги, таков: «Таким образом, не известно ни одного факта, противоречащего выводам общей теории относительности; наоборот, во всех случаях, в пределах допускаемой опытом точности, следствия теории подтверждены».

Никаких фактов, противоречащих теории относительности, не было обнаружено и позже, и теория никем не была опровергнута, хотя желающих это сделать было не-

⁸ С. И. Вавилов. Собрание сочинений, т. III. Изд-во АН СССР, 1956, стр. 95.

⁹ С. И. Вавилов. Экспериментальные основания теории относительности. ГИЗ, 1928; С. И. Вавилов. Собрание сочинений, т. IV. Изд-во АН СССР, 1956, стр. 9.

мало. Поэтому теория относительности получила общее признание физиков (за исключением малой их части, вообще не признающей нового).

Тем не менее вряд ли будет ошибкой утверждать, что многие физики полагали, что теория относительности — теория, бесспорно правильная в своей основе, но еще не вполне законченная и продолжающая развиваться. Теперь положение во многом изменилось. Удивительный прогресс происходит в астрофизике, в которой приложения общей теории относительности особенно значительны.

В 40-х годах астрофизические данные о расширении Вселенной у нас категорически отвергались с философских позиций. Сейчас нет сомнений в правильности этих данных, прославивших имя А. А. Фридмана, пришедшего еще в 20-е годы к уравнениям теории относительности, соответствующим расширяющейся или пульсирующей Вселенной.

Было бы крайне интересно, если бы теперь кто-либо вновь попытался, подобно С. И. Вавилову, дать обзор экспериментальных оснований теории относительности.

Говоря о точках зрения С. И. Вавилова на общую теорию относительности, следует обратить внимание на одно очень существенное высказывание, которое содержится в заключительных словах статьи «Развитие идеи вещества»: «С духом материалистической диалектики совместимо только представление о бесконечном мире как о постоянно развивающемся целом, как о целом, определяющем свойства своих частей. Нам кажется, что в тенденциях теории относительности объяснить свойства элементарных частиц из свойств мира в целом имеется несомненная доля истины. Если свойства частицы действительно очень много объясняют в поведении мира в целом, то, с другой стороны, по общим законам диалектики мы вправе ожидать, что свойства самих элементарных частиц определяются свойствами мира в целом. Обе эти противоположные тенденции теоретической физики — объяснить мир, начиная с двух противоположных сторон: с Вселенной в целом и с мельчайших элементарных частиц — в действительности, вероятно, содержат в себе вполне правильные элементы, и обе в своих крайних выражениях ошибочны».

В период, когда С. И. Вавилов писал публикуемые здесь работы, обсуждать философские проблемы физики было совсем не просто. Трудность восприятия положений новой

физики легко создавала впечатление у не специалистов, что квантовая механика и теория относительности — теории сами по себе, а не их ошибочные толкования, в какой-то мере идеалистические. Чтобы разъяснить достижения современной физики и их истинный философский смысл (не только не противоречивший диалектическому материализму, но утверждающий его), были необходимы, помимо глубокого знания физики и философии и таланта популяризатора, также сдержанность и такт. В противном случае результат мог бы быть обратным — статья могла укрепить мнение, что физики вообще и автор статьи в частности идеалисты. С. И. Вавилов пишет, что в основе ошибочных формулировок часто лежит терминологическая путаница: «В современной физике укоренился на редкость неудачный термин «аннигиляция материи» — в применении к факту превращения электронов в свет. Перед нами типично неправильное применение понятия. Явление заключается в превращении вещества в свет, т. е. одной формы материи в другую».

Это, казалось бы элементарное, замечание и теперь не потеряло актуальности. По существу в нем отмечены две довольно распространенные ошибки. Первая — это терминологическое отождествление понятия материи с веществом. Вторая состоит в том, что один из видов материи — свет с его поразительным богатством и многообразием свойств, хорошо известным даже из элементарной физики, часто отождествляют с энергией. Эта ошибка очевидная и к современной физике отношения не имеющая. Наоборот, среди различных видов так называемых «элементарных частиц» частицы света — фотоны теперь занимают место, вполне определенное и равноправное с другими частицами.

Между тем ограничение понятия материи только частицами вещества и отождествление света с энергией приводят к таким формулировкам, как превращение материи в энергию или превращение массы в энергию. Такие ошибочные выражения, особенно в переводной научно-популярной литературе, иногда еще попадаются. Однако, в отличие от 40-х годов, теперь и квантовая механика, и теория относительности — теории, не только подтвержденные опытом, но получившие ряд важнейших практических применений. Их материалистическая сущность утверждена практикой. Разумеется, развитие и пропаганда правильных философских воззрений имеет большое значение и сейчас,

однако теперь при критике неверных положений уже никому не придет в голову на основании отдельной ошибочной формулировки зачислить автора в стан идеологических врагов.

Возвращаясь к высказываниям С. И. Вавилова о превращении частиц, следует обратить внимание и на то, что он пишет несколькими строками ниже: «Утверждение: «вещество может превращаться в другие формы материи» значительно шире и принципиальнее конкретного физического утверждения: «гамма-фотоны могут превращаться в электроны и позитроны»». Теперь мы знаем, что правильна именно эта общая формулировка. Подобно тому, как позитрон является античастицей по отношению к электрону, другие частицы вещества — протоны и нейтроны также имеют античастицы — антипротоны и антинейтроны. Соединение протона и нейтрона с их античастицами также приводит к превращению частиц вещества в другие виды материи. Мы знаем также, что этим другим видом материи не обязан быть свет — могут быть и другие частицы.

С тех пор как была опубликована статья С. И. Вавилова «Развитие идеи вещества», физика прошла большой путь. Условность границ, отделяющих вещество от других видов материи, о которой пишет С. И. Вавилов, стала еще более очевидной. Чтобы дополнить статью С. И. Вавилова рассказом о том, что стало достоянием науки за последние три десятилетия, было бы недостаточно ни предисловия, ни, тем более, примечаний. Поэтому, читая статью в том виде, как она публикуется, следует иметь в виду, что анализ развития представления о веществе доведен в ней до 1940 г. Что касается общих философских утверждений в обеих публикуемых статьях, то, несмотря на исключительно бурный прогресс физики, они устарели лишь в небольшой степени. Поэтому статьи печатаются нами без всяких изменений или сокращений, в том виде, в каком они были опубликованы в третьем томе Собрания сочинений С. И. Вавилова.

Текст снабжен нами лишь незначительным числом примечаний, главным образом имеющих смысл дополнительных иллюстраций к отдельным утверждениям, содержащимся в тексте. Все примечания, под которыми нет подписи «Прим. ред.», сделаны самим С. И. Вавиловым.

Д. И. Блохинцев, И. М. Франк

В. И. Ленин был русским интеллигентом в широком и лучшем смысле. Великому революционеру, гениальному теоретику и практику социализма всегда, и в годы эмиграции, и в эпоху создания Советского государства, интересы культуры, науки, техники и искусства были близкими и своими. Поэтому давно стали привычными сопоставления: Ленин и экономика, Ленин и историческая наука, Ленин и искусство.

Среди наук о природе внимание В. И. Ленина особенно привлекала физика. В наше время каждому советскому интеллигенту, старому и молодому, известно, что в книге В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм» почти на каждой странице затрагивается физика, а предпоследняя глава (V), носящая название «Новейшая революция в естествознании и философский идеализм», содержит анализ состояния физики начала XX в. и прогноз дальнейшего развития этой науки.

Несмотря на необычайные изменения и рост физики за последние десятилетия, мысли В. И. Ленина о философских предпосылках и выводах нашей науки, о ее главных путях, высказанные почти 35 лет назад, сохранили значение и силу и на новейшем этапе развития физики. Тема «Ленин и физика», по-видимому, и в дальнейшем будет преобразовываться только в отношении конкретного физического содержания.

1. ОСОБЕННОСТЬ ПОЛОЖЕНИЯ ФИЗИКИ В СИСТЕМЕ НАУК

Почему из всего необъятного числа наук о природе внимание В. И. Ленина сосредоточилось именно на физике? Это произошло вследствие ее особой роли и того необычайно напряженного положения, которое создало в этой области науки в начале нашего века.

На долю физики среди естественных наук выпал жребий, исключительный по значению. Ее задача — это учение о простейших и вместе с тем наиболее общих свойствах материи, материи в широчайшем, ленинском смысле «объективной реальности». Вследствие этой общности нет и не может быть явлений природы, не имеющих физических свойств или сторон. Поэтому участие физики неизбежно в основе любого раздела естествознания, если даже он ограничен простым описательным каталогом предметов и явлений, поскольку для составления такого каталога нельзя обойтись без физических представлений о размерах, длительности, весе, цвете и пр.

Хорошо известно, что физика глубочайшими корнями вросла в астрономию, химию, физиологию и другие естественные науки, многое в них объясняя, определяя характер законов, предоставляя методы исследования. Но, разумеется, связь физики с остальным естествознанием не односторонняя. Она изменяется и растет, помимо почвы специального физического опыта, на конкретном материале других наук о природе. Классическая механика возникла главным образом на основе знаний о движении небесных тел: астрономические явления составили также экспериментальный фундамент теории относительности, релятивистской механики и электродинамики. Химические факты и законы, и прежде всего менделеевская периодическая система, определили развитие учения о строении атомов и квантовой механики. Есть основания думать, что такие явления, как знаменитое «красное смещение» в спектрах спиральных туманностей, законы распределения количеств химических элементов на Земле и во Вселенной и основные биологические явления видоизменяют в будущем современную физику.

Крайняя широта, общность и «элементарность» содержания приводят физику в ее наиболее принципиальных положениях в непосредственное соприкосновение с филосо-

фией, точнее — с теорией познания. «Элементарность» физических утверждений дает возможность ставить проблемы познания в наиболее отчетливой и общей форме, не затемняемой сложностью обыденных предметов и явлений.

По этой причине в античной науке философ и физик почти всегда сливались в одном лице. В дальнейшем развитии происходило разделение, однако все наиболее важные узловые пункты в истории физики отмечены тесным переплетением с философскими вопросами теории познания. Так было в конце XVII в., в эпоху создания классической механики, так было во вторую половину XIX в., в годы выяснения и формулировки закона сохранения энергии и принципа рассеяния энергии в естественных процессах; то же произошло, когда закладывались основы современного учения о строении вещества, теории относительности и теории квантов. Физика и теория познания связаны исторически и по существу. Эта связь и определяла особое внимание В. И. Ленина к вопросам физики. «Само собою разумеется, — писал он, — что, разбирая вопрос о связи одной школы новейших физиков с возрождением философского идеализма, мы далеки от мысли касаться специальных учений физики. Нас интересуют исключительно гносеологические выводы из некоторых определенных положений и общеизвестных открытий»¹.

Значением для всех наук о природе и для философии роль физики в развитии культуры не ограничивается. Физика составляет фундамент ряда основных и главнейших разделов техники. Любое механическое приспособление, прием и машина, от топора до сложнейшего станка, есть результат сознательного применения физических законов. Строительная техника, гидротехника, теплотехника, электротехника — вся совокупность знаний, именуемых теперь энергетикой, светотехника в самом широком смысле, огромная часть военной техники выросли на почве физики и до сих пор сохраняют ее в качестве основы. Элементарность, расчлененность, рациональность и количественный характер делают ее исключительно приспособленной для технической изобретательской мысли, комбинирующей с практической целью известные элементы. Физика переводит технику из области случайных находок на рациональную, сознательную и количественную дорогу.

¹ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 18, стр. 266.

В самом деле, вероятность случайной, эмпирической «находки», например динамомашины или радио, практически равна нулю. Электротехника и радиотехника могли возникнуть только через физику². В связи с этим можно привести очень интересное замечание В. И. Ленина о технике в конспекте на гегелевскую «Науку логики». «Цели человека сначала кажутся чуждыми („иными“) по отношению к природе. Сознание человека, наука („der Begriff“), отражает сущность, субстанцию природы, но в то же время это сознание есть внешнее по отношению к природе (не сразу, не просто совпадающее с ней). **Техника механическая и химическая** потому и служит целям человека, что ее характер (суть) состоит в определении ее внешними условиями (законами природы)»³.

2. МЕХАНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА И МЕТОД ПРИНЦИПОВ

В истории науки трудно привести другой пример такого же коренного изменения в основах, какое пришлось и до сих пор приходится переживать физике, начиная с первых годов XX в. Именно в эти годы В. И. Ленин и обратился к физике.

Для понимания характера такого резкого поворота необходимо проследить главные методологические линии развития физической мысли на протяжении многих веков.

Почти с незапамятных времен, от Демокрита и Эпикура через Архимеда, Галилея, Декарта, Ньютона, Фарадея, Максвелла, Гельмгольца до Герца, Кельвина и Рэлея, явно господствует стремление к созданию механической картины мира. Явления природы с этой точки зрения в наиболее последовательных концепциях Гассенди, Декарта, Лесажа и др. рассматриваются как результат движения элементарных неизменных масс, перемещающихся в евкли-

² Столь же очевидна роль физики в возникновении ядерной энергетики, которая в момент написания С. И. Вавиловым статьи еще только начинала отпочковываться от физики. Нет сомнения, что прогресс физики и в дальнейшем будет прокладывать новые пути для техники. Пример этому в наши дни — квантовые генераторы света. (*Прим. ред.*)

³ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 29, стр. 170.

довом пространстве: мир складывается из двух расчлененных элементов — пространства и движущихся масс. Однако такую последовательную механическую программу никому не удалось осуществить до конца в приемлемом для физики виде. Для объяснения явлений потребовалось массы наделить «силами». Это предугадывали еще Эпикур и Лукреций, а в полной мере и с совершенной ясностью превращение чисто механической картины в динамическую было осуществлено Ньютоном. В механике Герца силы заменены «связями» между массами, но, конечно, последовательное механическое мировоззрение требует дополнительного механического толкования и «сил» и «связей». Так возникли концепции эфира с разнообразными заданиями — светоносного, гравитационного, электромагнитного. Все эти «эфиры» всегда были гадательными, гипотетическими и вырастали только из априорной уверенности в чисто механической природе явлений.

Как сказано, выход из затруднений последовательного механизма был найден Ньютоном, наделившим массы гравитационными и другими силами. Неизвестные гипотетические «эфиры» и «спиритусы», предназначавшиеся для спасения механической стройности, были заменены непосредственно измеряемыми силами. Динамизм Ньютона не противоречил механическому воззрению, он только с ясностью и отчетливостью отделял известное от неизвестного. Гениальный прием Ньютона определил потрясающий успех его системы мира и теории тяготения и на несколько веков наметил плодотворный метод решения физических задач. Вместе с тем своим приемом введения наблюдаемых сил вместо гипотетических механических конструкций Ньютон заложил основу нового, могучего теоретического метода исследования, который можно назвать методом принципов; наряду с динамизмом Ньютона именно он определил дальнейшее развитие физики. Вместо произвольных механических предположений в методе принципов в основу теории положены обобщенные факты, доступные в частных случаях непосредственной проверке и наблюдению. Таковы аксиомы движения Ньютона, уравнения Максвелла, два начала термодинамики и т. д.

Едва ли надо доказывать, что оба метода исследования правомерны, вполне совместимы, не исключают друг друга и даже могут превращаться один в другой; однако несомненно, что метод принципов более широк и гибок и вместе

с тем менее уязвим и более прочен, если, конечно, сами принципы верны хотя бы до некоторой степени.

Механицизм стал воплощением примитивного метафизического материализма, как называет его Ленин вслед за Энгельсом. Для большинства физиков динамизм в философском отношении не отличался от чисто механического воззрения, так как предполагалось, что рано или поздно «силы» должны найти полное механическое объяснение посредством того или иного варианта «эфира». С этой уверенностью физика прожила до конца XIX в. Впрочем, для некоторых физиков, философов и особенно философствующих богословов, заигрывавших с наукой, вроде Кларка и Бенглея, динамизм был выражением вмешательства бога в явления природы. Это течение, однако, быстро сошло на нет в самом начале XVIII в., приняв форму типового французского материализма.

Рядом с таким материализмом существовали и имели немало адептов идеалистические философские системы разных оттенков. Примером их может служить философия Беркли, на котором подробно останавливается В. И. Ленин как на прямом предшественнике Маха. Однако для Беркли и других идеалистов той эпохи механическая физика их времени не играла заметной роли, они не знали ее или закрывали на нее глаза, так как не могли почерпнуть в ней нужных аргументов.

Ньютоновский метод принципов долгое время, почти до конца столетия, не давал повода к особым философским выводам. Он применялся к физике; достаточно вспомнить, например, теорию Ампера, но *implicite* полагался только эвристическим приемом, позволяющим обойтись при анализе явлений без специальных и произвольных механических гипотез. Никто, однако, не сомневался в справедливости механической сущности явлений, пока еще скрытой и недоступной.

3. КРУШЕНИЕ ОСНОВ

МЕХАНИЧЕСКОГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ

Положение круто изменяется со времени развития термодинамики с ее двумя принципами и ньютоновской формальной структурой. Если первый принцип — начало сохранения энергии — был вполне понятен именно с меха-

нической точки зрения и давал даже новое основание для укрепления механического воззрения, то второе начало — рассеяние энергии с его необратимостью — как будто в корне противоречило основной особенности чисто механических явлений — их обратимости. Известно, что затруднение было преодолено Больцманом путем привлечения статистики и соображений о наиболее вероятных состояниях. Однако временной неуверенности и колебаний в справедливости механических основ было достаточно, чтобы в глазах многих физиков и химиков ньютоновский метод принципов превратился из дополнения к методу механических гипотез в его антагониста, в противоположное воззрение, делающее механические гипотезы неверными и излишними. Возникает так называемый «энергетизм», стремящийся всю физику свести к формальному термодинамическому (в широком смысле слова) рассмотрению изменений и превращений энергии. Вот, например, слова лидера энергетизма Пьера Дюгема: «Идеал теоретиков заключается в изображении явлений небольшим числом простых механических гипотез, которые рассматривались как простые объяснения. Мы должны отказаться от этого идеала: лучшей теорией будет та, которая введет в свои рассуждения величины, имеющие физический смысл и непосредственно измеряемые»⁴. Наиболее увлекающиеся, например Оствальд, доходят при этом до мечтаний о времени, «когда атомы будут встречаться только в пыли библиотек».

Вполне синхронно с этим охлаждением к механицизму и торжеством термодинамического формализма в физике начинают развиваться новые вариации идеалистической философии, на этот раз пытающиеся опереться на новую физику. Эмпириокритицизм Маха и Авенариуса вырастает именно на этой почве, на ней же строится весьма наивная энергетическая натурфилософия Оствальда.

Если кризис механической физики по причине несоответствия ее второму началу термодинамики оказался фиктивным или во всяком случае был временно предотвращен, то позднее, в последние годы прошлого столетия, механицизм встретился уже с настоящим и непреодолимым врагом.

⁴ *P. Duhem. Introduction à la mécanique chimique, 1898, p. 88.*

Для полного механического истолкования явлений необходим светоносный, гравитационный, электромагнитный эфир. Без эфира, протягивающего механические нити между дискретными массами в пустом пространстве, нет возможности механического понимания явлений. Развитие идеи эфира — поучительнейшая часть истории механического воззрения на природу. Однако опыты с распространением света в движущихся средах, в особенности по праву прославленный опыт Майкельсона, нанесли непоправимый удар представлению об эфире. Эти опыты показали, что если эфир и существует, то во всяком случае он не обладает необходимым свойством любой механической среды; нельзя обнаружить движения тел относительно этой среды.

Так рухнула опора всех механических гипотез. Динамизм Ньютона потерял свою потенциальную механичность.

Но за этим ударом последовала и вторая катастрофа.

Необходимой чертой не только чисто механического представления, но также и более широкой и гибкой ньютоновской динамической системы всегда полагалась непрерывность движений и действий. В любых процессах изменения движения и действий могут быть при постулате о непрерывности сделаны при известных условиях бесконечно малыми. Например, передача энергии одним атомом другому или поглощение и излучение света с точки зрения такого представления может происходить любыми порциями — от нуля и до любых больших значений.

К общему изумлению физиков, еще более неожиданно, чем катастрофа с эфиром, постулат о непрерывности движений и действий оказался неверным. Самый общий анализ равновесного теплового излучения, произведенный на основе начал термодинамики и законов электродинамики, привел Планка к неизбежному выводу о прерывном, квантовом обмене энергии и импульса.

Предположение о механической сущности микроявлений безвозвратно рушилось, и на грани нового века на собрании Британской ассоциации признанный вождь механицизма, его патриарх, лорд Кельвин должен был констатировать с печалью, что «красота и ясность динамической теории, полагающей тепло и свет видами движения, в настоящее время омрачены двумя облаками»⁵. Этими

⁵ *Lord Kelvin. Nineteenth Century clouds over the dynamical theory of heat and light.— Phil. Mag., 1904, 2, 1.*

«облаками» были катастрофа с эфиром и кванты. В своей речи Кельвин пытался еще вселить надежду на рассеяние «облаков», но безуспешно. Для всех, не гипнотизированных механическим пуританизмом, его крушение представлялось окончательным.

Двумя «облаками» Кельвина сокрушающая буря, разразившаяся над механицизмом, не ограничилась. Головокружительные экспериментальные открытия электронов, сложного строения атомов, их радиоактивного распада привели к опытному доказательству непостоянства элементарных масс, их зависимости от скорости движения. Вместе с тем стало ясным, что скорость движения масс не может превзойти скорости света. Масса — основное свойство материи, конкретное воплощение материи в механическом мировоззрении — потеряла свою субстанциональность. Для характеристики этого состояния физики на рубеже двух столетий В. И. Ленин приводит слова А. Пуанкаре: «Перед нами, — говорит Пуанкаре, — «руины» старых принципов физики, «всеобщий разгром принципов»⁶.

4. ПЕРЕВОРОТ В ФИЗИКЕ И ФИЛОСОФИИ

По причине особого, центрального положения физики, о котором уже говорилось, неслыханные изменения в основных ее положениях не могли не отозваться на всех смежных культурных областях и, прежде всего, на философии. «...Нельзя взять в руки литературы махизма или о махизме, — замечает Ленин, — чтобы не встретить претенциозных ссылок на новую физику, которая-де опровергла материализм и т. д. и т. п. Основательны ли эти ссылки, вопрос другой, но связь новой физики или, вернее, определенной школы в новой физике с махизмом и другими разновидностями современной идеалистической философии не подлежит ни малейшему сомнению»⁷. В. И. Ленин подробно разбирает книги Абея Рея, Пуанкаре, Риги, Когена и многих других физиков, математиков и философов и доказывает идеалистическую интерпретацию следствий новой физики этими авторами. Абель Рей, пытающийся примирить непримиримое — материализм с идеализмом, в пре-

⁶ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 18, стр. 267.

⁷ Там же, стр. 263

дисловии к своей книге «Теория физики у современных физиков», очень внимательно изученной Лениным, говорит, что на «общий дух современной физики» стремится «опереться фидеистское и антиинтеллектуалистское движение последних лет XIX века». «...Если бы Рей,— комментирует Ленин,— держался правильной философской терминологии, то он должен был бы сказать: материалистическая теория познания, стихийно принимавшаяся прежней физикой, сменилась идеалистической и агностической, чем воспользовался фидеизм, вопреки желанию идеалистов и агностиков»⁸. О том, как отозвались присяжные философы, можно судить по высказываниям неокантианца Когена, приводимым Лениным: ««Идеализм пропитывает (Durchwirkung) новую физику»..., теории электричества суждено было произвести величайший переворот в понимании материи и посредством превращения материи в силу привести к победе идеализма...»⁹.

Подводя итоги своему анализу гносеологических выводов из результатов новой физики, В. И. Ленин с полным основанием заключает: «Не может подлежать никакому сомнению, что перед нами некоторое международное идейное течение, не зависящее от какой-нибудь одной философской системы, а вытекающее из некоторых общих причин, лежащих вне философии...»

Основная идея рассматриваемой школы новой физики — отрицание объективной реальности, данной нам в ощущении и отражаемой нашими теориями, или сомнение в существовании такой реальности. Здесь отходит эта школа от господствующего, *по общему признанию*, среди физиков *материализма*..., — отходит как школа «физического» идеализма»¹⁰.

Выводы В. И. Ленина бесспорны, и к его аргументации можно было бы добавить только еще новые доказательства по литературе того времени. Изображая идеалистическое поветрие, которым все годы были охвачены среди прочих и многие марксисты, безжалостно разоблачаемые в «Материализме и эмпириокритицизме», В. И. Ленин отмечает, однако, высказывания некоторых физиков, твердо сохранивших свои материалистические позиции, несмотря на

⁸ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 18, стр. 271.

⁹ Там же, стр. 299.

¹⁰ Там же, стр. 320—322.

крушение механического фундамента и идеалистическую философскую пыль, поднимавшуюся над «облаками».

В. И. Ленин упоминает о непримиримых картезианских позициях оптика А. Корню, еще в 1900 г. заявившего на международном конгрессе физиков в Париже, что «...чем больше мы познаем явления природы, тем больше развивается и точнее становится смелое картезианское воззрение на механизм мира: в физическом мире нет ничего, кроме материи и движения»¹¹. Ленин довольно подробно останавливается на борьбе с энергетикой Оствальда и махизмом двух последних защитников последовательного механицизма в физике Г. Герца и Л. Больцмана¹². В «Материализме и эмпириокритицизме» приводятся выдержки из президентской речи А. Риккера на съезде Британской ассоциации в Глазго в 1901 г., в которой указывается, что альтернатива: либо механические атомы и эфир — единственная реальность, либо это — простые научные фикции, не обязательна¹³.

В. И. Ленин замечает в своей книге: «В силу некоторых печальных условий моей работы я почти совсем не мог ознакомиться с русской литературой по разбираемому вопросу»¹⁴. Между тем в годы физического кризиса, рассматриваемого в «Материализме и эмпириокритицизме», в России были весьма замечательные представители физики и математических наук: Д. И. Менделеев, П. Н. Лебедев, А. Г. Столетов, Н. А. Умов, Б. Б. Голицын, Н. Е. Жуковский и др. Свое отношение к событиям, происходящим в области физики, с неизменной ясностью несколько раз в течение 20 лет высказывал Н. А. Умов, всегда глубоко интересовавшийся принципиальными вопросами нашей науки. На этих высказываниях поучительно остановиться.

В 1894 г. в своей речи «Вопросы познания в области физических наук» Умов дает характеристику механического и энергетического направлений в физике, с грустью отмечая попытки перейти от «объяснения» явлений к их «описанию», но в конце концов надеется на победу картезианства¹⁵. «История развития физических знаний,—

¹¹ Там же, стр. 315, прим.

¹² См. там же, стр. 300—302 и 304—305.

¹³ См. там же, стр. 290—291.

¹⁴ Там же, стр. 317.

¹⁵ Н. А. Умов. Сочинения, т. III, 1916, стр. 70.

говорит Н. А. Умов, — дает и надежду и успокоение. В сомнениях и колебаниях современности мы усматриваем соперничество двух направлений научной мысли (тех самых, о которых мы говорили. — *С. В.*), обнаружившихся и в XVIII веке, когда слышался отбой по всей линии картезианских учений». Через шесть лет, в 1900 г., в статье «Современное состояние физических теорий», снова разбирая борьбу механицизма и описательного метода в физике, Умов ищет выход в механике Герца¹⁶. В несостоявшейся по причине событий 9 января актовой речи Н. А. Умова в татьянин день 1905 г. содержатся следующие строки, которые, вероятно, по достоинству оценил бы В. И. Ленин, если бы они дошли до него:

«Жизнь внутреннего мира атома открывает нам свойства и законы, быть может, отличные от тех, которые составляют содержание старой, уже древней физики.

Не звучит ли над нами нота разочарования? Мы были уже у самой истины, мы ее захватывали, и неожиданно она отодвинулась от нас на неопределимое по своей дальности расстояние!

Да, но мы обнаружили, что задачи физики заключаются не только в описании явлений и изыскании соединяющих связей, т. е. законов. Силою экспериментальных и теоретических методов она приближает нас к единой реальности, лежащей далеко за пределами ощущаемого. Мы сознали еще раз величие и недостижимую высоту истины, и это сознание является залогом непрерывающегося развития и незатухающей жизни научной мысли».

Дальнейшее разрастание революции в области физических представлений, теория относительности, факт зависимости массы от скорости и пр., казалось, поколебали спокойную уверенность Умова. В речи «Характерные черты и задачи современной естественно-научной мысли», произнесенной на втором Менделеевском съезде в 1911 г., он говорит о новой стадии физики: «Последующее развитие физики есть процесс против материи, окончившийся ее изгнанием. Но рядом с такой отрицательной деятельностью текла работа реформирования электромагнитной символики: она должна была оказаться способной к изображению свойств материального мира, его атомистического

¹⁶ Н. А. Умов. Указ. соч., стр. 70.

стройка, инерции, излучения и поглощения энергии»¹⁷. В речи московского физика попадаются фразы, звучащие совсем идеалистически: «Не пора ли изгнать материю...», «Материя исчезла». Однако такие непривычные в устах Умова слова носили только по внешности и терминологически идеалистический характер. В действительности он имел в виду замену в новой физике постоянной массы массой электромагнитной. «Материя исчезла,— говорит он,— ее разновидности заменены системами родственных друг другу электрических индивидов, и перед нами рисуется, вместо привычного, материального, глубоко отличный от него мир электромагнитный»¹⁸. Ясно, что для Умова электромагнитный мир был вполне объективным миром и «Исчезновение материи» было только эффектной, хотя и неосторожной, фразой для обозначения переменного характера ньютоновских масс.

Но совсем иначе воспринимались лозунги об «изгнании и исчезновении материи» философами и философствующими интеллигентами. «Исчезновение материи» при отсутствии философской ясности, при недопонимании диалектического характера материализма считалось многими экспериментальным доказательством крушения материализма.

Вопреки своему громадному значению для развития науки и техники, новая физика становилась очагом, вокруг которого идеализм в разных формах поднимал опущенную голову. Были физики, пытавшиеся противопоставить неудержимому потоку новой физики свою упрямую, но необоснованную веру в несокрушимость механического материализма: были другие, как Риккер и Умов, которые неопределенно верили, что выход из кризиса будет найден, и только Ленин впервые указал, что выход из кризиса — вовсе не в идеализме любых форм и отношений, не в сохранении упрямого механицизма и не в благонамеренной вере в то или иное его разрешение, а только в диалектическом материализме.

¹⁷ Там же, стр. 408.

¹⁸ Там же, стр. 404.

5. НОВАЯ ФИЗИКА И МЕХАНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛИЗМ

Возникновение механической физики понятно. Для человека в привычных условиях единственная, вполне общая абстракция — отвлечение от свойств окружающего мира — не могла состоять ни в чем ином, как в представлении о движении отдельных тел в пространстве. Универсальные свойства тел — объем и вес — приводили к понятию, соответствующему массе. Первичность механических представлений подтверждается как историей науки, так и наблюдением над развитием отдельного человеческого сознания. Гипотеза или уверенность в подобном же устройстве микромира составляет сущность механицизма. В механическом философском материализме к этому добавляется утверждение об объективности механического мира, об его единственности и о правильном и точном отображении этого мира в сознании.

«Материализм, — пишет Ленин (в связи с изложением учения Беркли), — признание «объектов в себе» или вне ума; идеи и ощущения — копии или отражения этих объектов. Противоположное учение (идеализм): объекты не существуют «вне ума»; объекты суть «комбинации ощущений»¹⁹. Из этого следует известное, необычайно широкое ленинское определение материи: «...единственное «свойство» материи, с признанием которого связан философский материализм, есть свойство *быть объективной реальностью, существовать вне нашего сознания*»²⁰.

Цитированные строки, которые могут казаться на первый взгляд сами собой разумеющимися, в действительности содержат огромные следствия и заключают в себе, в сущности, разрешение кризиса.

Движущиеся неизменные массы — совсем не единственный возможный вид материи, а механический материализм — не единственная форма материализма. «Ошибка махизма, — по словам Ленина, — ... состоит в том, что игнорируется эта основа философского материализма и различие материализма метафизического от материализма диалектического. Признание каких-либо неизменных элементов, «неизменной сущности вещей» и т. п. не есть материализм,

¹⁹ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 18, стр. 18.

²⁰ Там же, стр. 275.

а есть *метафизический*, т. е. антидиалектический материализм... Чтобы поставить вопрос с единственно правильной, т. е. диалектически-материалистической, точки зрения, надо спросить: существуют ли электроны, эфир и так далее вне человеческого сознания, как объективная реальность или нет? На этот вопрос естествоиспытатели так же без колебания должны будут ответить и отвечают постоянно *да*... Но диалектический материализм настаивает на приблизительном, относительном характере всякого научного положения о строении материи и свойствах ее, на отсутствии абсолютных граней в природе, на превращении движущейся материи из одного состояния в другое, по-видимому, с нашей точки зрения, непримиримое с ним и т. д.»²¹ Таков вывод Ленина из его определения материи и диалектико-материалистического мировоззрения.

Далее Ленин еще раз настойчиво указывает, что всякие «неизменные субстанции» — только плод незнания диалектики, и формулирует известное утверждение о не-исчерпаемости электрона и атома. В свете диалектического материализма философские кризисы и сомнения, порожденные неожиданными результатами новой физики, исчезают, как призраки больного воображения.

Среди физиков эпохи написания книги В. И. Ленина, по-видимому, не было лиц, имевших понятие о диалектическом материализме. Книга Ленина, будь она прочитана физиками вовремя и с пониманием, вероятно, предотвратила бы многие последующие «кризисы». Как это ни удивительно, но мысль о возможности иного материализма, кроме механического, по-видимому, ни у кого не появлялась. Волею исторических судеб «Материализм и эмпириокритицизм» стали по-настоящему внимательно и много читать только после Великой Октябрьской социалистической революции. Теперь этот труд у нас знают настолько, что нет надобности подробно излагать книгу, по которой Советская страна учится диалектическому материализму.

Необходимо, впрочем, заметить, что механическая физика вовсе не была исторической ошибкой. Она выросла из обыденного опыта и наблюдений, отвечающих привычным человеческим масштабам размеров, времен и скоростей. На ее фундаменте основывалась и продолжает основываться и по сей день техника. «...Механика, — говорил

²¹ Там же, стр. 275—276.

Ленин, имея в виду главным образом зависимость массы от скорости, — была снимком с медленных реальных движений, а новая физика есть снимок с гигантски быстрых реальных движений»²².

Но если механическая физика имела и имеет право на существование по практическим мотивам, то механический, метафизический материализм явно вреден и является тормозом в развитии науки и философской мысли, так же как и идеализм.

Предусматривая дальнейшее развитие физики, В. И. Ленин пишет строки, вполне, как увидим, оправданные новыми этапами физики: «...сегодняшний «физический» идеализм, — указывает он, — точно так же, как вчерашний «физиологический» идеализм, означает только то, что одна школа естествоиспытателей в одной отрасли естествознания скатилась к реакционной философии, не сумев прямо и сразу подняться от метафизического материализма к диалектическому материализму. Этот шаг делает и сделает современная физика...»²³. В другом месте книги говорится: «Материалистический основной дух физики, как и всего современного естествознания, победит все и всяческие кризисы, но только с неременной заменой материализма метафизического материализмом диалектическим»²⁴.

Механический материализм метафизичен вследствие своей неподвижности и окаменелости. Его вера в механическую природу явлений произвольна, как всякая вера, потому что она основана только на обыденной привычке человека, выросшего в определенных природных и социальных условиях. При переходе к микромиру или же миру громадных масштабов и скоростей вполне возможно ожидать постепенного расплывания механических понятий и законов.

Для понимания этого, трудно постигаемого превращения нужна бесконечная гибкость диалектики. Много позднее «Материализма и эмпириокритицизма», в 1915—1916 гг., Лениным написан замечательный отрывок о диалектике, в котором содержатся такие строки, предназначенные как будто прямо для новой и новейшей физики: «Диалектика как *живое*, многостороннее (при вечно увели-

²² В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 18, стр. 280—281.

²³ Там же, стр. 331—332.

²⁴ Там же, стр. 324.

чивающемся числе сторон) познание с бездной оттенков всякого подхода, приближения к действительности (с философской системой, растущей в целое из каждого оттенка) — вот неизмеримо богатое содержание по сравнению с «метафизическим» материализмом, основная беда коего есть неумение применить диалектики к *Bildertheorie*, к процессу и развитию познания»²⁵.

6. НОВАЯ ФИЗИКА И ДИАЛЕКТИКА

Творцам и активным поборникам новой физики, подобно герою мольеровской комедии, с удивлением узнавшему, что он говорит прозой, пришлось убедиться, что они стали говорить на языке диалектики, о которой они в большинстве случаев не имели никакого представления.

В самом деле, произошло совершенно невероятное, постижимое и допустимое только в диалектике. Пустое ничто, абсолютное пространство Ньютона с населяющими его движущимися массами вдруг превратилось в единый мир Эйнштейна, в котором прежние антитезы масс и пространства объединены в нераздельное целое, где геометрические свойства определяются массами.

Жесткая антитеза старой физики — прерывное и непрерывное, атомы и эфир, корпускулы и волны — вдруг предстала перед физиками в неоспоримом единстве. Энергия и импульс световых волн сконцентрировались в дискретных световых атомах — фотонах, в то время как движение атомов и электронов определялось законами волн, со всеми их сложностями, дифракцией и интерференцией. Всякая волна, световая, звуковая, упругая, получила свое отображение в частице и обратно.

Вековечное противоположение вещества и света рухнуло с наименьшей несомненностью. Свет в известных условиях оказался превращающимся в вещество, раскрывая свою диалектическую противоречивую сущность в вещественной паре отрицательного электрона и положительного позитрона.

Интерпретация явлений в атомном ядре и около него потребовала диалектического партнера к такой, казалось бы, твердыне унитаризма, как ньютонова масса и майерова

²⁵ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 29, стр. 321—322.

энергия. Рядом с обычной положительной массой Дирак ввел отрицательную массу и отрицательную энергию. Свообразие, непривычность внутриядерных явлений заставили недавно того же Дирака говорить об антитезе обычной вероятности, об «отрицательной» вероятности^{26, 26а}.

Слово «диалектика» под подавляющим впечатлением перечисленных явлений, законов, понятий срывается теперь с языка у физиков, даже незнакомых с диалектическим материализмом или чуждых, а порой и враждебных ему. Слишком очевиден противоречивый, взаимоисключающий, противоположный характер явлений.

В записи «К вопросу о диалектике» Ленин отмечает, что «в *любом* предложении можно (и должно), как в «ячейке» („клеточке“), вскрыть зачатки *всех* элементов диалектики, показав таким образом, что всему познанию человека вообще свойственна диалектика»²⁷. В начале записи приводятся примеры диалектического единства противоположностей:

» В математике + и —. Дифференциал и интеграл.

» механике действие и противодействие.

» физике положительное и отрицательное электричество.

» химии соединение и диссоциация атомов.

» общественной науке классовая борьба»²⁸.

Если с этими примерами сопоставить диалектические единства, вскрытые новой физикой, — пространство и вещество, корпускулы и волны, свет и вещество, положи-

²⁶ P. Dirac. The physical interpretation of quantum mechanics.— Proc. Roy. Soc., 1942, A180, 1.

^{26а} В теории электрона Дирака имеются решения, которым, если придавать им физический смысл, соответствуют электроны с отрицательными массой и энергией. Дирак предположил, что такие частицы равномерно заполняют пространство и поэтому наблюдаются только пробелы в этом распределении — «дырки». Эти «дырки» должны вести себя, как позитроны. Таким образом, теория позитрона, правильно предсказавшая его свойства, была создана еще до его открытия. Выводы теории Дирака полностью сохранили свое значение, однако мир ненаблюдаемых частиц с отрицательной массой теперь рассматривается только как математический прием. Представление Дирака об «отрицательной вероятности», о которой здесь и далее упоминает С. И. Вавилов, не нашло или пока не нашло приложений в физике. (Прим. ред.)

²⁷ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 29, стр. 321.

²⁸ Там же, стр. 316.

тельную и отрицательную массы и пр., то нельзя не заметить следующей особенности. Разумеется, пары «плюс» и «минус», действие и противодействие, положительное и отрицательное электричество и другие примеры, приводимые Лениным, объективно диалектичны, но они не вызывают или перестали вызывать у нас в области физики непосредственное представление противоречивости и несовместимости. Можно сказать так: для нас очевиден противоположный характер приведенных пар, но мы перестали сразу замечать их в з а и м о и с к л ю ч а ю щ у ю природу. Нужно сугубое внимание и умение, чтобы вскрыть диалектическую противоречивость и движущую, развивающую «борьбу» в предложении: «Иван есть человек», которое приводит Ленин. Сочетание противоположностей отдельного и общего в этом предложении, а главное — их борьба улавливается сразу только достаточно изощренным диалектическим умом. Положительный и отрицательный заряды в атоме несомненно противоположны, но мы уже столетиями привыкли к их сосуществованию, и о диалектике в этом случае приходится напоминать.

Совсем отличен характер некоторых диалектических единств, обнаруженных в новой физике. Несмотря на двадцать лет, прошедших со дня открытия единства корпускулы — волны, физик, а тем более не физик не в состоянии совместить в сознании в едином образе потока электронов или светового пучка оба свойства. Между тем они несомненно едины, как показывает опыт с дифракцией электронов или с визуальным ощущением света при ничтожных интенсивностях. Противоречивость и взаимоисключение здесь вопиют о себе. То же в значительной мере относится к единству пространство — вещество, свет — вещество.

Сделанное замечание касается, впрочем, только самых вершин новой физики. В более детальных и специальных явлениях также всюду прослеживается их диалектический характер и встречаются замечательные примеры диалектического единства. Изучение жидкого состояния вещества обнаружило, например, сосуществование в нем несомненных основных свойств кристалла с решеткой и газа с его полной беспорядочностью. В свою очередь физика кристаллов оказалась определяемой борьбой индивидуума — атома — и коллектива — кристалла в целом.

Такие случаи диалектического единства, однако, в отличие от ранее указанных, легко понимаются современным физиком, и в них лишь внимательным анализом обнаруживается взаимоисключение, характерное для диалектики.

7. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ

В чем же причина особенности новой физики, ее трудной понимаемости и непривычной противоречивости? На этот вопрос более компетентно и детально, чем физик, должны бы ответить биолог и социолог. С нашей стороны возможны только соображения очень общего характера.

Не приходится доказывать, что познание — важный фактор борьбы за существование и общественного развития. Наши знания — это отражения свойств и явлений окружающего внешнего объективного мира, отражения, несовершенные и верные только для определенных масштабов, для человека наиболее существенных. Эти знания в части, касающейся физики, имеют, естественно, как уже много раз отмечалось, механический характер. При переходе к совсем необычным областям микро- и макромира наш механический познавательный аппарат оказывается постепенно все более и более непригодным и неприспособленным к объективному миру.

Подобно тому как объектив микроскопа перестает давать правильные изображения при переходе к предметам, меньшим длины световой волны, и в конце концов вообще изображать что-либо, так и познавательный человеческий аппарат, выросший в определенной обстановке и для определенных задач, оказывается неподходящим для совсем других условий.

Каким способом при этом познание вообще осуществляется? С экспериментальной точки зрения ответ очевиден и тривиален. Человеку помогают приборы — микроскопы, телескопы, электрометры, камера Вильсона и т. д., позволяющие преодолевать ограниченность органов чувств. Разумеется, всякий прибор вносит некоторое усложнение, вклиниваясь между наблюдателем и явлением. Приходится на основании прочих физических знаний вносить коррективы и толкования. Это не поме-

шло с помощью приборов изучать устройство атома, атомного ядра, понять природу света и т. д. Правда, в конце концов анализ влияния наблюдающего прибора на явление на основе известных законов физики привел к так называемому «соотношению неопределенности». Если совершенно точны наши сведения об элементарных частицах и о квантовых законах, то нельзя установить одновременное точное положение электрона и точное значение его скорости. Если положение частицы известно абсолютно точно, то скорость или импульс совершенно неопределенны, и наоборот. Размеры областей неопределенности измеряются квантовой постоянной действия.

Хорошо известны попытки построить на основе «соотношения неопределенности» универсальный, навсегда непогрешимый и непререкаемый принцип, будто бы обосновывающий принципиальный индетерминизм. Эти попытки канонизации «соотношения неопределенности» очень напоминают преждевременное причисление к лику непогрешимых классической механики и механицизма в широком смысле. На сегодняшний день «соотношение неопределенности» правильно передает экспериментальные сведения и обязательно для физики до тех пор, пока тот же опыт не потребует его изменения. Можно и необходимо извлекать из «соотношения неопределенности» все физические следствия, но для философских выводов о принципиальном индетерминизме до сих пор имеется столько же оснований, сколько их можно получить, например, из нерегулярности погоды. По поводу этих попыток уместно вспомнить слова Ленина о том, что «диалектический материализм настаивает на временном, относительном, приблизительном характере всех этих *вех* познания природы прогрессирующей наукой человека»²⁹. Философу и физику правильнее и осторожнее думать, что «соотношение неопределенности» — одна из таких переходящих, приблизительных *вех* познания.

Если в пределах «соотношения неопределенности» приборы позволяют человеку экспериментально исследовать явления совершенно непривычных масштабов, то каким образом создается теория явлений, нам «непонятных» в обычном житейском смысле? Как, например, строится теория вещества или света, соединяющая корпу-

²⁹ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 18, стр. 277.

скулярные и волновые свойства, хотя эмпирическое существование этих свойств кажется нам непостижимым?

Рецептура построения теории в таких областях сложна, не стандартна, но в то же время несомненно приводит к хорошим результатам. Основным в этой рецептуре служит метод, который можно назвать методом математической гипотезы, или математической экстраполяции. Положим, что из опыта известно, что изученное явление зависит от ряда переменных и постоянных величин³⁰, связанных между собой приближенно некоторым уравнением. Довольно произвольно видоизменяя, обобщая это уравнение, можно получить другие соотношения между переменными. В этом и состоит математическая гипотеза, или экстраполяция. Она приводит к выражениям, совпадающим или расходящимся с опытом, и соответственно этому применяется дальше или отбрасывается.

В действительной работе математическая гипотеза регулируется приближенными модельными представлениями и рудиментами классических представлений³¹. Большое значение имеет также соображение простоты и стройности получающихся выражений. Вот, например, что пишет Дирак в своей последней статье об основных работах, положивших начало волновой механике («О физической интерпретации квантовой механики»): «При развитии теории Гейзенберга, Шредингера скоро оказалось, что обе они основаны на одном и том же математическом формализме, отличаясь только в способе физического толкования. Этот формализм есть обобщение гамильтоновой формы классической динамики с подстановкой линейных операторов вместо обычных алгебраических переменных, обобщение, и настолько естественное и изящное, что создается чувство уверенности в правильности основ теории» (разрядка моя.— С. В.)³².

Не приходится спорить о целесообразности или правомерности изложенных приёмов, ничего иного в новой, неизведанной и непонятной нам (в обычном смысле)

³⁰ Взятых из привычных, «классических» представлений.

³¹ Например, «принцип соответствия» квантовых, релятивистских и классических соотношений.

³² *P. Dirac*. Указ. соч., стр. 1.

области не предложено, и только успех, т. е. совпадение теории с опытом, решает дело.

«Не следует удивляться,— пишет Дирак в той же статье,— что формализм устанавливается до того, как становится ясным толкование. Такое положение есть естественное следствие резких изменений, которых потребовало развитие, в некоторых основных физических представлениях. Легче открыть математическую форму, необходимую для какой-нибудь основной физической теории, чем ее толкование. Это потому, что число вещей, среди которых приходится выбирать, открывая формализм, очень ограничено, так как число основных идей в чистой математике не очень велико, в то время как при физической интерпретации могут обнаружиться чрезвычайно неожиданные вещи»³³.

Таким образом, математика в новой физике приобрела громадное эвристическое, т. е. направляющее, значение, которого она не имела раньше, поскольку прежде она главным образом имела дело с наглядным представлением и отражала порядок и стройность объективного мира в понятных и выяснившихся качественных и количественных экспериментальных фактах.

Что значит эта первенствующая особая роль математики в современной физической теории? Изощренный опыт, опирающийся на новые сложные приборы, доводит до сознания отражение областей мира, которые совершенно непривычны и чужды нормальному человеку. Для наглядной, модельной интерпретации картины не хватает привычных образов и понятий, но логика с ее необъятной широтой, воплощенная в математические формы, остается в силе, устанавливая порядок связи в новом непонятном мире и открывая возможности физических предсказаний. «...Категории мышления,— отмечает Ленин в «Конспекте «Науки логики» Гегеля,— не пособие человека, а выражение закономерности и природы и человека...»³⁴. И опыт и мышление приводят таким путем иногда к необходимости образования тех удивительных диалектических антитез, о которых пришлось говорить выше.

Законы диалектики остаются в силе и имеют направляющее объективное значение и в новой области с очень

³³ Там же, стр. 3

³⁴ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 29, стр. 83.

своеобразным методом познания. Разве не стихийно диалектика руководила теоретиком при предсказании существования положительного электрона, отрицательной энергии и отрицательной вероятности?

8. СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИКА И ИДЕАЛИЗМ

Вокруг ньютоновского учения о тяготении в свое время вырос мистический материализм; геометрия Лобачевского и Римана в прошлом веке послужила идеалистической базой для спиритизма, на почве термодинамики с ее формализмом возникли энергетика Оствальда и эмпириокритицизм. Неудивительно поэтому, что и около новой физики пытаются развиваться, и даже с большим напором, разные философские идеалистические формы. При этом исходят они довольно часто не от философов, а от физиков, и аргументы в пользу идеалистических или прямо религиозных выводов черпаются непосредственно из результатов новой физики. Ранее уже пришлось упомянуть индетерминистские следствия, извлекаемые иногда из «соотношения неопределенности». Общими соображениями об индетерминизме дело не ограничивается. Иордан пытался на этом обосновать свободу воли, а известный американский экспериментатор А. Комптон пошел и дальше, делая отсюда в своей книге «Свобода человека» выводы о существовании божества.

В 1940 г. в Америке известный астрофизик Штрюмгрен опубликовал книгу под заглавием «Душа вселенной»³⁵ со сдержанным, но все же поощрительным предисловием другого, еще более известного астрофизика — Адамса. Основываясь на принципах волновой механики и космологии общей теории относительности, Штрюмгрен применяет их к области биологии, пытаясь на этой основе качественно объяснить замечательные биологические структуры и целесообразность организации живого мира. Те же принципы Штрюмгрен применяет к объяснению отношений духа и материи. По мнению автора, наиболее удивительный результат его исследований состоит в том, что индивидуальная память неразрушима, что сущность всех живых элементов, по-видимому, бессмертна и что, в конце концов, неизбежно существование «мировой ду-

³⁵ P. Stromgren. The soul of the Universe. Philadelphia, 1940.

ши». Следует, впрочем, заметить, что даже симпатизирующий и религиозно настроенный читатель не может не заметить крайней слабости биолого-философских рассуждений астрофизика Штрюмгрена. При этом перед нами даже не идеалистическая система, а новый вариант мистического материализма, казалось бы, почившего еще в начале XVIII в.

Не всегда, однако, фидеизм и идеализм, будто бы на основе новой физики, прокламируются в таком примитивном и неубедительном виде. Перед нами по внешности с блеском написанная и увлекательная новая книга А. Эддингтона «Философия физической науки»³⁶, появившаяся в 1939 г. Идеалистические склонности автора хорошо известны по многим другим его сочинениям, но здесь Эддингтон высказывается особенно ясно. Идеалистическая философия Эддингтона, которую он называет «селективным субъективизмом», по крайней мере по внешности оригинальна. «Селективный субъективизм, — пишет Эддингтон, — который является современной научной философией (!?), имеет мало общего с берклианским субъективизмом, отрицающим, если я правильно понимаю, всякую объективность у внешнего мира. На наш взгляд, физические явления не вполне субъективны, но и не вполне объективны и не простая смесь субъективных и объективных сущностей и атрибутов»³⁷. Физическая основа этой философии — по-прежнему «соотношение неопределенности» и теория относительности. Опираясь на понятия субъективного и объективного, автор, по-видимому, забывает, что субъектом может быть в физическом опыте не человек, а прибор (фотографическая камера, гальванометр и пр.), и поэтому применение философских терминов субъективного и объективного в данном случае — явное злоупотребление.

Из ошибочной предпосылки далее следуют некоторые удивительные выводы. «Мы доходим, — говорит совершенно откровенно Эддингтон, — до позиций идеалистов, противопоставляемых материалистической философии. Часто объективный мир — это мир духовный, материальный же мир субъективен в смысле «селективного субъективизма»»³⁸.

³⁶ *A. Eddington. The philosophy of physical science, 1939.*

³⁷ Там же, стр. 27.

³⁸ Там же, стр. 69.

Пояснением к этой идеалистической исповеди служит сугубо натурфилософская (в смысле начала XIX в.) установка Эддингтона, защищаемая им около четверти века. «Я принимаю, — утверждает он, — что все основные законы и константы в физике могут быть однозначно выведены из априорных соображений и поэтому вполне субъективны»³⁹. «Все законы природы, которые обычно классифицируются как основные, могут быть предсказаны полностью по эпистемологическим соображениям»⁴⁰.

Эддингтон, можно сказать, надеется, что достаточно умный человек, один в темной комнате, не знающий внешнего мира, принципиально может предсказать все основные физические законы со всеми входящими в них универсальными постоянными.

Здесь не место для детальной дискуссии с Эддингтоном. Вывести мировые постоянные из гносеологических соображений ему во всяком случае не удалось. Удача обозначала бы, с нашей точки зрения, что человеческий мозг содержит совершенное отображение мира, переданное ему по наследству. Мы убеждены, однако, что знания приобретаются длительным и трудным индивидуальным опытом и очень далеки от совершенства. Трудность понимания фактов новой физики — тому очевидный свидетель.

Оставляя в стороне разбор физической философии Эддингтона, которую он без достаточных оснований считает философией современной науки, мы в целом из немногих приведенных примеров с несомненностью видим, что над современной физикой витает идеалистический и мистический туман, так же как и в годы создания «Материализма и эмпириокритицизма».

Причины этого те же, что и на рубеже XIX и XX вв. Идеалистические и мистические настроения, определяемые в первую очередь социальными и классовыми факторами, ищут опоры прежде всего в самом прочном — в науке и иногда как будто бы находят ее. Неудачи революции 1905 г. привели в России к упадочным идеалистическим и мистическим течениям даже среди социалистов. Именно они составляли по преимуществу круг адептов эмпириокритицизма в России, и на них в основном направлены сокрушающие стрелы книги Ленина. Социальная обстановка на

³⁹ *A. Eddington*. Указ. соч., стр. 64.

⁴⁰ Там же, стр. 57.

Западе перед второй мировой войной служила не менее благоприятной почвой для идеализма.

К этим факторам, лежащим вне науки, присоединяются причины, в которых повинны физики; вина по-прежнему в незнании или непонимании диалектического материализма. В наши дни в физике механическое воззрение стало музейной древностью (хотя и не перевелись охотники рядиться иногда в этот древний костюм), но на Западе только начинают догадываться, что материализм может быть и не механическим, что природа во всем диалектична. До известной степени, по-видимому, частично об этом говорит книга антагониста Эддингтона Джемса Джинса «Физика и философия», появившаяся в 1942 г.⁴¹ К сожалению, она мне известна только по рецензиям, но во всяком случае, несмотря на многочисленные диалектические изгибы Джинса, нельзя не отметить следующего заключения книги: «Мы не можем получить никакого положительного вывода в отношении того, например, что материализм умер или что детерминизм ошибочен; мы можем только сказать, что детерминизм и свобода, материя и материализм должны получить новое определение в свете наших новых научных знаний». К этому выводу, звучащему по существу явно материалистически, мы можем только добавить, что «новое» определение материи, о котором говорит Джинс, дано Лениным в его книге.

С опозданием, но западным физикам придется научиться диалектическому материализму.

9. ЛЕНИН И СОВЕТСКАЯ ФИЗИКА

Ленин встретился с физикой не только на философском поприще. Создатель социалистического государства не мог пройти мимо физики как основы техники.

Хорошо известны инициатива В. И. Ленина и его особый интерес к таким вопросам, как исследование Курской магнитной аномалии и план электрификации Советского Союза, в своем осуществлении опиравшиеся на физику. Техническая реконструкция всей страны, сверху донизу, была невозможна без хорошего физического фундамента, и совсем не случайно в самом начале революции, в разгар граждан-

⁴¹ *Sir James Jeans. Physics and Philosophy, 1942.*

ской войны, в момент исключительно тяжелого состояния промышленности, раньше всех прочих Советской властью были учреждены большие физические научно-исследовательские институты в Москве и Ленинграде. Эти физические центры воспитали многие тысячи научных работников, образовавших через два десятилетия добротный непрерывный физико-технический фронт нашей страны в Красной Армии, на заводах, в высшей школе, в специальных институтах.

Советская техническая физика, обязанная своим появлением В. И. Ленину, с честью выдержала суровые испытания войны. Следы этой физики всюду: на самолете, танке, на подводной лодке и линкоре, в артиллерии, в руках нашего радиста, дальномерщика, в ухищрениях маскировки. Дальновидное объединение теоретических высот с конкретными техническими задачами, неуклонно проводившееся в советских физических институтах, в полной мере оправдало себя в пережитые грозные годы. У Ленина, объединяющего в себе абстрактные высоты диалектической философии с каждодневной практикой революционной борьбы, советский ученый научился не отделять свои теоретические стремления от задач жизни Советского государства. Это был один из важных факторов, определивших нашу стойкость и наши победы.

Неизмеримы, неисчерпаемы глубины явлений, раскрывающиеся постепенно перед физиком в большом и малом мире. Безграничны соответственно возможности техники, опирающейся на старую и новую физику и направленной на благо и развитие человека нового общества.

В этом просторе советская физика прочно стала на путь неразрывной связи теории и практики и диалектического материализма.

Впереди перед нашей наукой огромные благородные и благодарные задачи и славное будущее.

РАЗВИТИЕ ИДЕИ ВЕЩЕСТВА

«...Диалектический материализм настаивает на приблизительном, относительном характере всякого научного положения о строении материи и свойствах ее, на отсутствии абсолютных граней в природе, на превращении движущейся материи из одного состояния в другое, по-видимому, с нашей точки зрения, непримиримое с ним и т. д.»

В. И. ЛЕНИН. Полное собрание сочинений, т. 18, стр. 276.

1. МАТЕРИЯ И ВЕЩЕСТВО

В книге Ленина «Материализм и эмпириокритицизм» наряду с другими проблемами блестяще разработан вопрос о философском и естественнонаучном понимании материи.

«...Понятие материи,— говорит Ленин,— ...не означает гносеологически *ничего иного*, кроме как: объективная реальность, существующая независимо от человеческого сознания и отображаемая им»¹.

Шум, поднятый философами и философствующими физиками в начале нашего века о «дематериализации атома», об «исчезновении материи» якобы на основании опытов, доказывающих зависимость массы электрона от скорости, объяснялся либо идеалистическими стремлениями лиц, цепляющихся в силу этих стремлений за что угодно, либо, и чаще всего, неправильным пониманием материи.

«Когда физики говорят: «материя исчезает»,— писал Ленин,— они хотят этим сказать, что до сих пор естествознание приводило все свои исследования физического мира к трем последним понятиям — материя, электричество, эфир; теперь же остаются *только* два последние, ибо мате-

¹ В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 18, стр. 276.

рию удастся свести к электричеству, атом удастся объяснить как подобие бесконечно малой солнечной системы, внутри которой вокруг положительного электрона двигаются с определенной (и необъятно громадной, как мы видели) быстротой отрицательные электроны... «Материя исчезает» — это значит исчезает тот предел, до которого мы знали материю до сих пор, наше знание идет глубже; исчезают такие свойства материи, которые казались раньше абсолютными, неизменными, первоначальными (непроницаемость, инерция, масса и т. п.) и которые теперь обнаруживаются, как относительные, присущие только некоторым состояниям материи»².

Широчайшему ленинскому пониманию материи должно быть соподчинено то частное понятие материи, которое до наших дней сплошь и рядом применяется в естествознании и для которого необходим безусловно особый термин. Правильнее всего этот вид материи можно назвать в е щ е с т в о м. Для ориентировки, в первом приближении, можно сказать, что вещество — это совокупность химических атомов, молекул, состоящих из атомов, и частиц, составляющих самые химические атомы. Когда в начале XX столетия физики говорили об «исчезновении материи», они в действительности имели в виду уменьшение количества вещества (мерой которого считалась масса) и превращение его в другие формы материи. В современной физике укоренился на редкость неудачный термин «аннигиляция материи» — в применении к факту превращения электронов в свет. Перед нами типично неправильное применение понятия. Явление заключается в превращении вещества в свет, т. е. одной формы материи в другую. Между тем приведенная, обычно применяемая формулировка твердо установленная в современной физике факта звучит явно идеалистически и неприемлемо.

Нужно ли и можно ли выделять особое понятие вещества из общего понятия материи? Те примеры, которые приведены выше, достаточно поясняют методологическую важность и значение такого выделения. Утверждение: «вещество может превращаться в другие формы материи» значительно шире и принципиальнее конкретного физического утверждения: «гамма-фотоны могут превращаться в

² В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 18, стр. 274—275.

электроны и позитроны». С другой стороны, альтернатива вещества и других форм материи фактически всегда имеет место не только в физике и философии, но и в донаучном и вненаучном мышлении. Противопоставление «тел» пустоте, материи свету, приводимое Лениным противопоставление материи эфиру и электричеству — все это по существу есть противопоставление одной формы материи — вещества — другим формам.

Но возможно ли вообще дать определение вещества, резко отграничивающее его от других форм материи? Для нас всякие грани в природе относительны и условны, это верно и в отношении понятия вещества.

Много раз делались попытки связать представление о веществе с такими общими признаками, как масса и энергия. Несомненно, что масса и энергия являются необходимыми признаками вещества, но недостаточными. Например, световой поток обладает как энергией, так и массой. Между тем, являясь, несомненно, материальным потоком, с физической точки зрения он не может быть назван потоком вещества.

Попытки связать представление о веществе с необходимостью наличия электрических зарядов не согласуются с фактами. В составе вещества обнаружены элементарные частицы, не имеющие электрического заряда, — нейтроны. Есть предположение, не вполне еще доказанное, о существовании и других частиц, не имеющих заряда, — нейтрино.

Для современного физика понятие о веществе неразрывно связано с представлениями об элементарных частицах. Необходимым признаком вещественной частицы считается при этом так называемая *покоящаяся масса*, т. е. масса, которую частица сохраняет и при отсутствии относительного движения. Частицы, не имеющие покоящейся массы, например фотоны, уже не относятся к веществу. Но такое определение, опирающееся на факты, доступные только экспериментальной проверке или же вообще только предполагаемые, разумеется, недостаточно для простого феноменологического определения вещества. С этой точки зрения обычное представление «тела», по-видимому, ближе всего передает основные признаки вещества. В отличие от других форм материи — силовых полей и света, вещество характеризуется огромной концентрацией массы и энергии. Такое сосредоточение есть результат

относительно огромных значений «покоящейся массы» и относительно малых скоростей частиц, составляющих «тела».

Частицы вещества могут иметь любые скорости от неподвижности до скорости света, в то время как иные виды материи либо неподвижны (статистические, электрические и гравитационные поля), либо распространяются со скоростью света. Характерно, что в старой физике вещество прежде всего характеризовалось так называемой «непроницаемостью». Эта непроницаемость — результат скопления в небольшом объеме огромной энергии, вследствие чего возникают силы и сопротивления, затрудняющие проникновение в такие объемы.

Таким образом, веществом следует называть тот вид материи, который, помимо массы и энергии, характеризуется еще громадной концентрацией той и другой и возможностью любых скоростей. Очевидно, что это определение вполне примыкает к обычному пониманию «тела». Вместе с тем следует отметить, что рамки такого феноменологического определения все же не вполне отчетливы. В исключительных условиях, например внутри звезд и солнца, плотность световой радиации может достигнуть значений, привычных именно для «тел». С другой стороны, частицы вещества, например в космических лучах, несутся со скоростями, очень близкими к скорости света.

Несмотря на эту трудность в предельных случаях, выделение вещества как особого и важнейшего понятия фактически имеет место и безусловно необходимо. Все содержание физики в конце концов сосредоточено в трех основных разделах: в учении о веществе, учении о силовых полях и учении о свете, как важном частном случае предыдущего³. При этом учение о строении вещества составляет громадную часть современной физики, проникая во все ее разделы. Я предполагаю говорить только о самой идее вещества, освещая лишь принципиальную сторону дела и ограничиваясь схемой огромного конкретного содержания современного учения о строении вещества.

³ Учитывая прогресс в физике элементарных частиц, достигнутый в прошедшие десятилетия, может быть, лучше три раздела, которые упоминает С. И. Вавилов, формулировать так: учение о веществе, учение о силовых полях и частицах, учение о свете как важном частном случае предыдущего. (*Прим. ред.*)

2 ВОЗНИКНОВЕНИЕ ИДЕИ СТРОЕНИЯ ВЕЩЕСТВА

Мысль о дискретности вещества родилась в незапамятные времена; вероятно, она начала формироваться вообще одновременно с сознательным наблюдением природы. Античного наблюдателя поражали в явлениях две противоречивые и как будто взаимоисключающие черты: непрерывная изменчивость природы и вместе с тем ее субстанциональность, постоянство. Столкновение гераклитовской и парменидовской антитез требовало своего разрешения и синтеза. Таким синтезом явился атомизм по Демокриту.

«Начала Вселенной — атомы и пустота. Все же остальное существует лишь во мнении... Атомы не поддаются никакому воздействию, и они неизменяемы вследствие твердости»⁴. В изложении Аристотеля: «Наиболее методически обо всем учили, давая одно и то же учение, Левкипп и Демокрит; они приняли (первичное) начало, соответственно природе, какова она есть. Дело в том, что некоторые из древних полагали, будто бытие по необходимости едино и неподвижно. Ибо пустота не существует, движение же невозможно, если нет отдельно существующей пустоты, и, с другой стороны, нет многого, если нет того, что разделяет... Левкипп же полагал, что он обладает учением, которое, будучи согласно с чувственным восприятием, не отрицает ни возникновения, ни уничтожения, ни движения, ни множественности сущего. Согласившись в этом с показаниями чувственных восприятий, а с философами, принимавшими единое, в том, что не может быть движения без пустоты, он говорит, что пустота — небытие и что небытие существует несколько не менее, чем бытие. Ибо сущее в собственном смысле — абсолютно полное бытие. Таковое «полное» же не едино, но бесконечно много по числу, и они невидимы вследствие малости объемов. Они носятся в пустоте (ибо пустота существует) и, соединяясь (между собой), они производят возникновение, расторгаясь же — гибель»⁵.

⁴ Цит. по книге «Демокрит в его фрагментах и свидетельствах древности», ОГИЗ, 1935, стр. 37.

⁵ Цит. по книге «Демокрит в его фрагментах и свидетельствах древности», стр. 39—40.

В этом замечательном отрывке совершенно отчетливо очерчен генезис атомистической идеи, как синтезирующей мысли, разрешающей противоречие между изменчивостью и постоянством природы. Вместе с тем атомизм представлен со своим метафизическим придатком, с учением о пустоте, о существующем небытии.

Мысль о прерывном строении тел подсказывалась внимательному наблюдателю, можно сказать, на каждом шагу. Весь окружающий мир дискретен. На небе светятся отдельные разбросанные звезды; морской песок, кажущийся издавна однородной, непрерывной средой, в действительности состоит из кристаллических мелких крупинок, и естественна мысль о том, что и море составлено из частиц, еще более мелких. Человеческое общество является совокупностью индивидуумов. От этих наблюдений один шаг до основного представления атомистического учения о веществе: предположения о том, что среды, кажущиеся нам непрерывными, в действительности являются скоплениями мельчайших частиц, недоступных по своим размерам для глаза.

Простота и доступность мысли о прерывном строении вещества и объясняют, по-видимому, то обстоятельство, что атомизм в различных видоизменениях возникал в древние времена в различных частях земного шара: в индийской философии и у греков. Атомизма в буквальном смысле слова, т. е. неразрушимости и постоянства атомов, требовала субстанциональность природы, наличие постоянства при бесконечной изменчивости. Таким образом, естественнее всего думать, что атомизм древних являлся не какой-то поразительной догадкой, угадыванием будущих судеб науки, а качественной формулировкой, вытекавшей почти неизбежно и однозначно из повседневных наблюдений.

В самом деле, что могло быть противопоставлено атомизму с точки зрения материалистической? Учение о непрерывном? Но как понять движение в непрерывном? Как объяснить дробность, раздельность предметов и их разнообразие? Никаких доводов против, кроме метафизических, античная атомистика не имела и не могла иметь, так как она с неизбежностью вытекала из повседневных наблюдений и объясняла основные черты природы.

Теория Левкиппа и Демокрита опиралась на факты бесконечного разнообразия тел, их раздельности и движения. Она переносила свойства тел привычного масштаба в

область микромира. В этом ее глубочайшее отличие от современной атомистики, опирающейся на непосредственное экспериментальное изучение этого микромира. Неудивительно, что эти две линии развития научной мысли радикально расходятся в позднейших стадиях. Наоборот, приходится поражаться полному совпадению древней дедукции и современного физического опыта в начальной стадии развития. Отображение свойств материи в человеческом сознании оказалось в основных чертах правильным, aberrации исправляет современная физика.

3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АТОМОВ И ЭФИР

Постепенно атомистическое представление о веществе стало основой материалистической картины мира, нашедшей свое развитие у Эпикура, Лукреция и других древних философов, физиков и поэтов. Мысль об атомах распространялась не только на вещество, но и на свет и даже на область психологических явлений.

Атомистические представления древних, однако, не были конкретными. Несомненным было только, что атомы очень малы, так как их не видно, и что они могут двигаться чрезвычайно быстро, о чем заключали прежде всего по скорости распространения света. В таком качественном виде теория атомов просуществовала тысячелетия, в таком виде ею пользовались еще такие гиганты точного естествознания, как Галилей и Ньютон.

История атомизма от Левкиппа до Ньютона кажется почти остановившейся. Менялись слова и названия, но для подлинного развития атомизму не хватало новых фактов и ясного количественного физического метода.

В XVII в. атомистические представления встретились с серьезными трудностями. Основная трудность заключалась в объяснении сил, действующих между атомами. В самом деле, по законам механики, которые уже вполне выяснились в XVII в., всякая частица вещества, если на нее не действуют силы, должна двигаться прямолинейно и равномерно: она не будет испытывать никаких ускорений, никаких изменений скорости. Между тем такие ускорения — основной признак окружающих явлений. Всякое скопление вещества, соединение его в кристаллы, водные пространства и пр. есть результат изменений скорости, взаимодействий между атомами. Как же взаимодействуют атомы? Древ-

ние отвечали на этот вопрос чрезвычайно просто, предполагая частицы твердыми и упругими. Частицы меняют направление своего движения, испытывают ускорения при столкновениях между собой; если столкновений нет, то нет и изменений скорости. Такое объяснение основывалось, конечно, на переносе обыденных наблюдений на свойства микромира. Для того чтобы передвинуть предмет, надо до него коснуться, и только тогда произойдет перемещение; все процессы обыденной жизни: рубка дров, копанье земли и пр. — суть результат столкновений, скоплений вещества или частиц вещества. Однако такое объяснение в сущности является заменой одного вопроса другим. В самом деле, если частица вещества не проявляет никаких сил при взаимодействии с другой частицей, то их столкновение не вызовет никаких особых явлений: сталкивающиеся частицы должны проходить друг через друга так же свободно, как они проходят в свободном пространстве, не занятом веществом. Для того чтобы по законам механики объяснить изменение скорости при столкновении, необходимо предположить, что частицы проявляют одна в отношении другой какие-то силы, которые противодействуют их взаимному проникновению. При этом никак нельзя говорить об абсолютном соприкосновении. Такое соприкосновение противоречит самому принципу атомизма, отдельности вещества. Иначе говоря, мы приходим к необходимости ввести силы, действующие на расстоянии от одной частицы по направлению к другой. Столкновения частиц друг с другом — это только частный случай объяснения взаимодействия при помощи сил, действующих на расстоянии.

По мысли древних атомистов, Вселенная являлась пустым пространством, в котором носятся атомы. На основании только что сказанного ясно, что такая Вселенная не заключала бы в себе действий одних атомов на другие, т. е. никоим образом не соответствовала бы действительности. Необходимо предположить наличие сил, действующих между атомами. Такие силы и были предположены и даже математически уточнены в физике Ньютона. Так возникло учение о всемирном тяготении, об электрических силах, о магнитных силах, о молекулярных силах, определяющих явления химического сродства, капиллярность и пр. Успех в этой области побуждал Ньютона перенести идею о силах, действующих на расстоянии, и на совершенно другие области, например на световые явления.

Ясно, однако, что идея о силах, действующих на расстоянии и в пустом пространстве, таила в себе нечто, совершенно неприемлемое с точки зрения последовательного материалистического мировоззрения. Это вполне отчетливо понимали и сам Ньютон и его современники. В связи с этим наряду с учением о прерывном атомизированном веществе возникает мысль о непрерывной вещественной среде, заполняющей все мировое пространство, так называемом эфире. Эта непрерывная среда и должна быть носителем всякого рода сил: сил тяготения, сил электрических и магнитных. Разумеется, эта среда должна быть непрерывной, потому что если предположить иное и представить себе ее построенной, подобно веществу, из отдельных атомов, мы снова встретимся с теми же трудностями в представлении о действиях на расстоянии, о которых только что говорили в отношении атомов. Итак, уже в весьма примитивной стадии атомизма в XVII в. наряду с учением о прерывном веществе пришлось развивать учение о непрерывном эфире, соединяющем прерывно расположенные атомы.

Мысль о непрерывной среде, об эфире, заполняющем пространство и определяющем взаимодействия тел, значительно более сложна, чем идея атомов, носящихся в пустоте. Последняя подсказывалась повседневными наблюдениями, для развития же идеи о вещественной заполненности пространства требовалась высокая степень абстракции. Тем не менее концепция эфира в очень неясной и неопределенной форме высказывалась еще античными мыслителями и прежде всего Аристотелем. Непосредственное, неанализированное впечатление непрерывного, создаваемое, например, той же картиной моря, абстрагировалось от своего конкретного предмета и переносилось вообще на пространство между предметами.

Представление о непрерывном эфире, противопоставляемое атомизму или дополняющее его, встретилось в свою очередь с громадными трудностями. Если эфир является непрерывной вещественной средой в обычном смысле слова, вроде жидкости или газа, или твердого тела, то такая среда должна оказывать сопротивление движению тел, например небесных светил; следовало бы ожидать, что движение небесных тел будет замедляться, как это обычно происходит при движении в сопротивляющейся среде, и в астрономии должны проявляться те нерегулярности, которые свойственны движению с трением, с сопротивлением.

Рассмотрев различные доводы в пользу эфира в «Вопросах» своей «Оптики», Ньютон в знаменитом 28-м «Вопросе» обрушивается на эфир: «...Для того, чтобы дать дорогу правильным, длительным движениям планет и комет, необходимо, чтобы небесное пространство было совершенно лишено материи, за исключением, может быть, некоторых очень тонких паров, испарений или истечений, возникающих из атмосфер Земли, планет и комет и от такой необычайно разреженной эфирной среды, которую мы описали выше. Плотная жидкость бесполезна для объяснения явлений природы, — движения планет и комет лучше объясняются без нее. Она служила бы только для возмущения и замедления движений этих больших тел и ослабления мироздания. В порах тел она служила бы только для остановки колебательных движений частей тел, в которых состоит их тепло и активность. И поскольку она бесполезна и мешает действиям природы, делая их слабыми, постольку нет доказательств ее существования, и поэтому она должна быть отброшена... За то, чтобы отбросить такую среду, мы имеем авторитет тех древнейших и наиболее знаменитых философов Греции и Финикии, которые приняли *Vacuum* и атомы и тяготение атомов как первые принципы своей философии, приписывая, молчаливо, тяжесть некоторой иной причине, а не плотной материи»⁶.

Для объяснения сил, действующих между телами в пустом пространстве, при таком положении дела Ньютону не осталось ничего другого, как прибегать к совершенно метафизическим представлениям о пространстве, наполненном божеством, которое и осуществляло немислимое для человеческого познания и разума.

«...Не становится ли ясным из явлений, — писал далее Ньютон в качестве вывода, — что есть бестелесное существо, живое, разумное, всемогущее, которое в бесконечном пространстве, как бы в своем чувствилище, видит все вещи вблизи, прозревает их насквозь и понимает их вполне благодаря их непосредственной близости к нему»⁷.

⁶ *И. Ньютон*. Оптика или трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света. М. — Л., ГИЗ, 1927, стр. 286—287.

⁷ Там же, стр. 287—288.

Дилемма прерывного вещества и непрерывного эфира в таком неразрешенном, противоречивом состоянии просуществовала по крайней мере до начала нашего века. При этом учение о веществе и учение об эфире конкретизировались, уточнялись, принимали реальные количественные формы, свойственные физике как точной науке. Еще в XVIII в. в исследованиях Бернулли и Ломоносова идея о движении атомов была привлечена к объяснению основных свойств газов. Громадное значение для укрепления атомизма имели химические исследования. Закон кратных отношений Дальтона явился одним из наиболее убедительных новых доказательств не только прерывного строения вещества, но также и постоянства свойств атомов. Этот закон впервые в истории атомизма выдвигал аргументы, полученные при исследовании микромира. Учение о химическом элементе получило твердую опору и неразрывно связалось с учением о химическом атоме. Так постепенно, главным образом работами химиков, было доказано наличие в природе приблизительно 90 сортов различных атомов, соединение которых друг с другом и образует все бесконечное разнообразие видов вещества, с которым мы встречаемся. Исследования теплопроводности газов и внутреннего трения в газах наряду с известными значениями плотности вещества в жидком и твердом состоянии позволили к середине XIX в. впервые определить размеры атомов, их число и скорость. Таким образом, философская догадка древних приобрела в XIX в. довольно отчетливую количественную форму конкретного физического представления, опирающегося на реальные свойства микроявлений.

Открытие Д. И. Менделеевым периодического закона химических элементов еще более укрепило позиции учения о дискретной структуре вещества. Вместе с тем периодический закон явился первым несомненным симптомом надвигающегося крушения атомизма в установившемся смысле, т. е. как учения о неразрушимых и неделимых атомах. Периодический закон указывал на родство атомов и их эволюцию.

Громадное большинство естествоиспытателей, физиков и химиков прежде всего считало атомистическое представление совершенно доказанным и пользовалось им в практической исследовательской работе. Отмеченная раньше трудность, связанная с тем, что, оставаясь в рамках механиче-

ских представлений, наряду с прерывными частицами необходимо допустить наличие эфира, беспокоила очень немногих.

Такие немногие, однако, были. В конце прошлого века и в начале XX столетия имелись химики и физики, скептически относившиеся к реальности атомов и молекул. Культивировалось мнение, что большинство вопросов, объясняемых при помощи представлений об атомах и молекулах, может быть охвачено рамками других теорий, для которых атомизм не является необходимостью. В качестве представителя свойства «постоянства» в природе при этом фигурирует энергия, в качестве переменного — ее форма. Явления природы — это изменения форм энергии. Прежде всего соблазном служила термодинамика с ее характерными аксиомами — первым и вторым началом и последующей логической структурой. Количество выводов термодинамики огромно, и они безошибочны для явлений средних масштабов⁸. В области физики термодинамика — не единственный отдел, построенный таким способом. Точно так же сконструирована механика, основанная на немногих экспериментальных принципах. Таков же характер электродинамики, основывающейся на уравнениях Максвелла, которые можно рассматривать как математическое обобщение результатов опыта. Возможность построения таких математических теорий и порождала скептиков в среде физиков и химиков. Казалось, что можно обойтись без конкретного представления об атомах и молекулах и ограничиться чистым описанием явлений при помощи математических соотношений. Скептиком такого рода был знаменитый Кирхгоф, отсюда же выросла пресловутая энергетика химика Оствальда, но, пожалуй, зачинателем этого направления в физике следует назвать Ньютона.

Знаменитое «*hypotheses non fingo*» было в сущности провозглашением физикой математического описания, хотя великий автор «Начал» сам великолепно владел и часто пользовался методом гипотез. Скептикам XIX в. учение об

⁸ Второе начало явно не соответствует действительному ходу явлений для микрообластей пространства и времени вследствие атомного характера процесса; второе начало здесь имеет только средний, статистический смысл. Точно так же выводы второго начала, несомненно, ошибочны при переходе к практически бесконечно большим масштабам, приводя к известным парадоксам «тепловой смерти» и «начала мира».

атомах, несмотря на его успехи, все же казалось произвольным предположением, и при возможности они заменяли его математическим описанием. Следы этого скептицизма, правда в слабой степени, сохранились и до нашего времени, особенно среди так называемой венской школы физиков, выросшей в свое время вокруг Эрнста Маха. Главным доводом таких скептиков была прежде всего необходимость и в атомистическом учении сохранять учение о непрерывном для объяснения взаимодействий между атомами и молекулами.

В настоящее время, однако, среди физиков и химиков трудно разыскать лиц, с сомнением относящихся к основам учения об атомах и молекулах. За последние 50 лет были найдены фундаментальные, в самом строгом смысле неопровержимые и наглядные доказательства атомного строения вещества. Для скептиков трафаретным аргументом против атомов и молекул всегда было то соображение, что молекул еще никто не видел. В наше время даже этот, по существу очень наивный аргумент потерял свою силу. При помощи электронного микроскопа совсем недавно удалось, наконец, увидеть глазом крупные молекулы органических соединений. Молекулы стали такой же реальностью, как окружающие нас предметы — люди, солнце, т. е. все то, что мы видим. Еще около 30 лет тому назад были найдены методы, позволявшие также воочию видеть если не самые атомы, то по крайней мере следы их действия (камера Вильсона).

Треки отдельных атомов или электронов в камере Вильсона дают возможность уже в течение многих лет физикам исследовать процессы, происходящие с отдельными частицами. Много ранее камеры Вильсона Круксом был изобретен прибор, позволяющий также непосредственно глазом наблюдать действия одной альфа-частицы. Этот прибор состоит из экрана, покрытого сернистым цинком, обычным фосфоресцирующим веществом. Когда отдельный быстрый атом гелия, вылетающий при радиоактивном распаде, попадает на фосфоресцирующий экран, он вызывает довольно яркую вспышку фосфоресценции, вполне заметную глазом, если смотреть через лупу. В этом простом опыте Крукса мы наблюдаем действие одного атома гелия точно так же, как мы можем видеть действие фугасной бомбы по взрыву, вызываемому ею при падении. В настоящее время сернистый цинк с примесью

ничтожных следов радия, вызывающего такого рода вспышки, чрезвычайно распространен в технике и в быту. Достаточно сказать, что все светящиеся шкалы на карманных часах и на измерительных приборах автомобилей, аэропланов и других машин покрыты такого рода составом. Доказательство существования атомов, притом доказательство очевидное, в буквальном смысле слова доступно почти каждому человеку.

Можно бы привести очень большое количество фактов и методов, с несомненностью и неопровержимо обнаруживающих прерывное строение тел. Остановлюсь только на одном явлении, имевшем особое, чрезвычайно важное значение в укреплении позиций атомно-молекулярного учения, на так называемом броуновском движении. Если под микроскопом рассматривать капельку воды, в которой взвешены мелкие крупинки какого-нибудь твердого вещества, то оказывается, что эти крупинки не находятся в покое, а совершают беспорядочное движение. Это явление было обнаружено очень, очень давно, в начале прошлого века, ботаником Броуном. Однако только в XX в. удалось показать, что это движение не является результатом каких-нибудь посторонних причин, например тряски микроскопа или неравномерной температуры воды. Это движение самым тесным образом связано с прерывным строением жидкости. Твердые крупинки движутся в воде потому, что они все время подвергаются бомбардировке со стороны молекул жидкости. При этом иногда бóльшая часть ударов приходится справа, иногда слева, иногда сверху, иногда снизу, в результате чего частица получает поступательное движение либо вправо, либо влево, либо вниз, либо вверх.

Хаотическое броуновское движение в настоящее время тщательно изучено статистическими методами, и с несомненностью количественно доказано, что по его особенностям можно вычислить число молекул и их свойства.

Особенно важно, однако, то обстоятельство, что в этом явлении мы имеем перед собой совершенно наглядное и несомненное доказательство хаотического беспорядка в движении атомов и молекул. Этот беспорядок и хаос могут произойти только в том случае, если частицы движутся независимо друг от друга. Статистические законы являются однозначным выражением прерывного строения предмета и большей или меньшей беспорядочности в связях между элементами. Термодинамика, выдвигавшаяся

скептиками как по крайней мере равноправный конкурент атомизму, остается беспомощной перед статистическими явлениями. Броуновское движение, например, явно выходит за рамки термодинамики, разрывает их и показывает, что они имеют лишь средний, нивелирующий характер.

Вторая фаза развития атомизма, которую следует назвать классической, закончилась на грани XIX и XX вв. полным и бесспорным торжеством. В первой фазе, от Левкиппа до Ньютона, идея атомов оставалась натурфилософской догадкой, очень правдоподобной, но не имевшей никаких конкретных очертаний. Во второй фазе мысль о прерывном строении вещества не только стала конкретной, но вообще перешла из категории идей и гипотез в категорию бесспорных фактов. Более ста лет тому назад, в 1836 г., химик Дюма в своих «Лекциях по химической философии» еще с сомнением отзывался о доказанности атомного представления. «Одна химия,— говорил он,— не в состоянии осветить вопрос о существовании атомов... Может быть, найдутся охотники обещать, и не без оснований, что придет день, когда удастся вскрыть внутренности тел, обнажить природу их органов и рассмотреть движение маленьких систем, составляющих тела. Но до этого какая еще дорога, сколько работы, сколько усилий потребуется от химиков, физиков и геометров!»⁹.

К началу нашего века эта дорога в ее принципиальной части оказалась пройденной. Отпала всякая возможность сомнения в существовании атомов, философская мысль древних претворилась в физический факт. Классический атом был, однако, слишком еще примитивным. Его характеристика с физической стороны ограничивалась размерами, массой и скоростью; только химия добавляла к этому разнообразие химических качеств. Предстояла следующая, более сложная фаза развития учения об атоме.

5. СТРУКТУРА ХИМИЧЕСКОГО АТОМА

Необычайно быстрому усложнению знаний о внутреннем строении химического атома в наши годы предшествовал длительный процесс борьбы между сторонниками но-

⁹ Leçons sur la Philosophie chimique par M. Dumas Bruxelles, 1839, p. 199.

вой идеи о сложности атома и защитниками старого атомизма, исходившего из представления о неделимости атома. Даже создатель периодического закона химических элементов Д. И. Менделеев недовольно замечал по адресу новаторов: «Возникнув на свежей фактической почве, учения об элементах, об их массах и о периодической изменяемости их свойств дают повод к зарождению утопических гипотез, вероятно, потому прежде всего, что они не могли быть предвидены ни одним из вариантов метафизирующей мысли и составляют подобно понятию о тяготении независимый результат естествознания...»¹⁰. С таким трудом завоевав прочные позиции, химический атомизм не хотел с них уходить в «метакимию» (по выражению Д. И. Менделеева). Но диалектика природы брала свое, и сложность атома, и его непрочность начинали проступать все яснее. Еще в «Трактате об электричестве и магнетизме» в 1873 г. Максвелл¹¹ приходил к выводу о существовании «молекул электричества», «наиболее естественной единицы электричества».

В конце прошлого века при изучении явлений, происходящих в разрядных трубках, было доказано, что из атомов и молекул могут быть извлечены частицы, названные электронами, размеры которых как в отношении массы, так и геометрические значительно меньше атомных. Электроны оказались в отношении заряда совпадающими с «молекулами электричества» Максвелла. Электроны имеют отрицательный заряд, масса их приблизительно в 1800 раз меньше массы атома водорода. Постепенно удалось доказать, что такие электроны образуют внешнюю оболочку всякого химического атома.

«Материализм и эмпириокритицизм» написан в эпоху резкого перелома в развитии учения о строении вещества. Обнаружилась сложность атома, т. е. он в сущности перестал быть атомом неделимым; вместе с тем заколебалось представление о постоянстве массы атома, казавшееся ранее несокрушимой твердыней. Ленин дал глубокий анализ представления об атоме с позиций диалектического материализма, и дальнейшие этапы современного учения о

¹⁰ Д. И. Менделеев. Два лондонских чтения (Добавление к «Основам химии»). СПб., 1889, стр. 48.

¹¹ J. C. Maxwell. A treatise on electricity and magnetism. Oxford, 1904, v. 1, p. 379—380.

строении вещества полностью следовали ленинскому прогнозу.

Если расположить химические атомы в порядке их относительных весов, то окажется, что порядковое число, т. е. просто номер по порядку атома в такой таблице, будет в точности давать число электронов, находящихся на внешней оболочке атома. Одновременно удалось доказать, что основная масса атома сосредоточена в чрезвычайно небольшом объеме внутри атома, в так называемом атомном ядре, которое имеет положительный заряд, по своей величине в точности равный общему заряду отрицательных электронов, находящихся на внешней оболочке. Такое равенство зарядов и обуславливает электрическую нейтральность атома.

Масса ядра, его заряд и количество внешних электронов еще не вполне определяют свойства атомов. Уже в течение нескольких десятилетий известно существование так называемых изотопов. Изотопы — это атомы, несколько различающиеся по весу, но имеющие один и тот же заряд атомного ядра и одно и то же количество внешних электронов. Например, водород имеет, по крайней мере, два изотопа с относительной массой 1 и 2¹². Замечательно то обстоятельство, что химические свойства и очень многие физические свойства тяжелого водорода почти такие же, как у легкого водорода. Иначе говоря, химические и многие физические свойства атома определяются его внешней электронной оболочкой. Изотопы существуют у громадного количества химических элементов, начиная от водорода и кончая ураном.

Ядро атома в свою очередь оказалось сложным. Удалось доказать, что ядра атомов состоят из двойного рода элементарных частиц — протонов и нейтронов. Протоны имеют массу, приблизительно равную массе атома водорода, и положительный электрический заряд, равный по величине заряду отрицательного электрона. Нейтроны, как уже указывалось вначале, электрического заряда не имеют вовсе, масса их приблизительно равна массе атома водорода.

¹² Кроме обычного водорода и водорода с массовым числом 2 — дейтерия, в физике большое значение имеет радиоактивный водород с массовым числом 3 — тритий. Тритий β -радиоактивен и имеет период полураспада 12,26 лет. (Прим. ред.)

Протоны и нейтроны сосредоточены в чрезвычайно малом объеме. Радиус атомного ядра почти в 100 тыс. раз меньше радиуса атома. Несмотря на ничтожность таких размеров, этот объем имеет сложное строение: в его состав, в случае сложных атомов, входит много десятков элементарных частиц.

Электронами, протонами и нейтронами не ограничивается, однако, список элементарных частиц. За последние годы в ряде случаев удалось обнаружить наряду с отрицательными электронами существование электронов положительных, так называемых позитронов. Позитрон имеет такую же массу, как отрицательный электрон, заряд его равен заряду электрона, но противоположен по знаку. Несколько лет тому назад был найден ряд доказательств существования так называемых тяжелых электронов, или мезотронов. Мезотроны обнаружены при наблюдениях космической радиации, распространяющейся по всем направлениям во Вселенной. Насколько можно судить по имеющимся к настоящему дню данным, заряд тяжелого электрона может быть как положительный, так и отрицательный; по величине он такой же, как у обычного электрона, масса же тяжелого электрона приблизительно в 200 раз больше, чем у обычного электрона. Следует отметить, впрочем, что тяжелые электроны еще недостаточно изучены: мы не знаем, например, всегда ли тяжелые электроны имеют одинаковую массу или эта масса в различных случаях различна. Есть ряд факторов, говорящих о том, что, помимо заряженных тяжелых электронов, существуют еще частицы с массой, промежуточной между электроном и нейтроном, и не имеющие заряда. Правда, сведения об этих частицах ограничиваются пока одним названием «нейтretto». Для объяснения особенностей радиоактивного распада, в частности для приведения этих особенностей в соответствие с законами сохранения энергии, необходимо предположить, что из радиоактивных атомов вылетают частицы, не имеющие заряда и обладающие ничтожной массой, во всяком случае не большей, чем масса обычного электрона. Такие частицы названы «нейтрино». Обнаружить их непосредственно до сих пор не удалось.

Насколько достоверны сведения обо всех этих частицах? Коротко говоря, те из них, которые обладают электрическим зарядом, обнаружены с очевидностью даже для тех, кто доверяет только своим глазам. Такие частицы

найлены в камере Вильсона, их следы запечатлены характерными «треками» в этом приборе. Нейтроны, не имея заряда, не могут оставить след в камере Вильсона, однако огромное количество фактов, безукоризненно и однозначно объясняемых нейтронами, дает физику право считать существование их столь же доказанным, как и существование электрона. Нейтрино в течение ряда лет остается «гипотетической частицей»: прямых доказательств его существования нет¹³. Протоны, электроны, нейтроны удается извлечь из недр или с периферии атома, и физик предполагает, что частицы сохраняют свои особенности и внутри атома. Такая уверенность опирается на безукоризненную правильность следствий, вытекающих из этого предположения. «Заглянуть» в атомные недр никто не мог, и на основании сведений, которыми располагает физика на сегодняшний день, это невозможно и противоречит «соотношению неточности», однозначно вытекающему из экспериментальных данных¹⁴.

¹³ С тех пор как была опубликована статья С. И. Вавилова, сведения о частицах чрезвычайно обогатились и число известных видов частиц стало очень велико. Изменилась и терминология. Вместо мезотрон теперь говорят мезон, причем частицу, о которой упоминает С. И. Вавилов, называют μ -мезон. Мезонов известно несколько видов, например, μ -мезону близок по массе (примерно на 30% тяжелее его) так называемый π -мезон, свойства которого совсем иные, чем у μ -мезона. π -Мезон встречается в трех видах: положительный π^+ , отрицательный π^- и нейтральный π^0 .

Известен и ряд других электрически-нейтральных частиц (например, K^0 , η^0 , Σ^0 и др.), но ни одна из них, однако, не получила названия нейтретто. Что касается нейтрино, то оно перестало быть гипотетической частицей и с помощью очень тонких опытов его удается обнаруживать. Более того, довольно уверенно можно утверждать, что существуют четыре вида нейтрино: нейтрино и антинейтрино, которые рождаются в разных видах радиоактивного бета-распада, и два вида нейтрино, возникающие при распаде μ -мезонов. Не только рассказать о всех видах известных сейчас частиц, но даже перечислить их в одном примечании невозможно. (Прим. ред.)

¹⁴ «Соотношение неточностей» есть обобщение опыта и, как такое, обязательно до новых экспериментальных данных, ему противоречащих. Здесь не рассматриваются ошибочные философские попытки трактовать его как основу принципиального индетерминизма явлений и как своего рода «Ignorabimus». Соотношение Аббе — Гельмгольца о пределе разрешающей силы оптического микроскопа не помещало перешагнуть этот предел при помощи электронного микроскопа. Эту поучительную историю не следует забывать поклонникам «Ignorabimus'ов».

Следует заметить, впрочем, что уверенность физиков в вопросе о сохранении элементарными частицами их свойств в недрах атомного ядра иногда колеблется. Еще не более десяти лет тому назад существовала уверенность, что ядра атомов содержат только протоны и электроны. После открытия нейтрона эта «уверенность» сменилась другой: ядро состоит из протонов и нейтронов, а электроны «рождаются» при превращении нейтрона в протон.

Какие силы связывают элементарные частицы — электроны, протоны, нейтроны и пр. в атомах и молекулах? Старая, классическая физика еще со времен Ньютона знала два рода сил: силы тяготения и силы электромагнитные. Силы тяготения едва ли могут иметь значение, по крайней мере вне атомного ядра: они слишком малы и сказываются только в тех случаях, когда мы имеем дело с громадным скоплением вещества. Наоборот, электромагнитные силы в атоме, действующие между заряженными частицами, очень велики, и естественнее всего предположить, что эти электромагнитные силы и определяют строение атомов и молекул. При этом сказывается, однако, совершенно неожиданная особенность, нашедшая свое простейшее выражение в известных постулатах теории квантов Н. Бора. Для объяснения факта устойчивости атома электрон, вращающийся вокруг положительного ядра в так называемом «нормальном» состоянии, не должен излучать энергию в противоречие с классическими законами электродинамики; кроме того, электрон не может вращаться с любыми скоростями и находиться на любых расстояниях от атомного ядра, как это полагалось бы по законам классической механики и электродинамики. Для электрона доступны только определенные скорости и определенные орбиты, составляющие прерывный ряд, управляемый прерывными законами теории квантов.

Еще более сложны обстоятельства внутри атомного ядра. Атомное ядро состоит из положительно заряженных протонов и незаряженных нейтронов. Какие же силы связывают эти частицы между собой? Приходится допустить существование сил нового рода. По вопросу о природе этих сил, о количественном законе, выражающем эти силы, до сих пор происходят самые оживленные дискуссии, и нет еще определенного решения.

6 ДИНАМИКА И РАЗВИТИЕ ХИМИЧЕСКИХ АТОМОВ

Химический атом не только сложен: в отличие от представлений недавнего прошлого, он изменчив — развивается и разрушается.

Для характеристики свойств атома недостаточно знать число внешних электронов, массу и состав ядра. Два атома с одинаковым числом внешних электронов и с одинаковыми ядрами могут резко отличаться, если один из них «возбужден». Возбуждение, т. е. поглощение добавочной энергии, может произойти, например, под действием света. В возбужденном состоянии атом может оставаться некоторое время, которое в различных условиях может достигать различных значений: от миллиардных долей секунды до секунды и больших величин (метастабильные состояния).

Возбуждение может происходить не только во внешних электронных областях атома: ядра в свою очередь могут возбуждаться, образуя так называемые ядерные «изомеры». Примером могут служить ядра атомов брома, серебра и других элементов.

При подведении значительной внешней энергии атом не только можно возбудить, но можно и разрушить в большей или меньшей степени. Можно извлечь из атома постепенно все его периферические электроны (ионизация) и можно также, действуя чрезвычайно энергичными агентами (альфа-частицы, быстрые протоны, нейтроны, гамма-лучи), разрушить само атомное ядро. Атомные ядра, испуская при этом альфа-частицы, протоны, электроны и пр., превращаются в ядра других элементов. Обычно такие изменения ядер не очень радикальны: основная масса ядра остается нетронутой. Но в тяжелых атомах, например в уране, под действием нейтронов происходит полное распадение ядра почти пополам.

Если внешние электроны в атоме находятся в нормальном состоянии минимальной возможной энергии, то такое состояние может оставаться, насколько мы знаем, неизменным безгранично долго при отсутствии внешних воздействий. Однако атомные ядра изменяются не только насильственно, но и «самопроизвольно». В этом состоит поразительное явление естественной радиоактивности. Она наблюдается для многих элементов, в том числе и легких — калия и рубидия.

Атомы оказались не только изменяемыми, но и изменяющимися спонтанно. «Жизнь» различных атомов при отсутствии внешних воздействий измеряется в пределах от практически бесконечно малых времен до многих миллиардов лет.

Природа оказалась неизмеримо сложнее упрощенных представлений античного атомизма, воспринятых из обыденных наблюдений и опыта. Мы не знаем до сих пор, как возникли и развивались атомы в периодической системе элементов, но мы уверены в том, что они усложнялись и развивались. С другой стороны, мы теперь достоверно знаем, что химический атом и даже его ядро не постоянны и не вечны. Титул атома, как будто бы по праву, следовало передать так называемым «элементарным частицам»: электрону, позитрону, протону, нейтрону, мезотрону и т. д. Но и здесь право на атомизм оказывается сомнительным или просто несуществующим.

Более десяти лет тому назад открыто явление превращения света в вещество: гамма-фотоны в поле электрического заряда ядра превращаются в вещественную пару электрон и позитрон. При этом позитрон очень быстро исчезает, снова превращается в свет. Этот опыт снимает вопрос о праве электрона на звание атома. Но мезотрон в свою очередь, по имеющимся данным, существует недолго — миллионные доли секунды, а затем распадается на электрон и нейтрино.

Вечны ли протон и нейтрон? Мы этого не знаем, но пример электрона и позитрона заставляет подозревать возможность разрушения и этих элементарных частиц¹⁵.

Итак, дойдя как будто до вершины победного развития, атомизм как таковой, т. е. как учение о неделимых и неразрушимых элементарных частицах, в сущности говоря, оказался побежденным: он заменился теорией строения вещества из частиц, не являющихся «атомами», а изменяющихся, превращаемых и исчезающих.

¹⁵ Теперь мы знаем, что протон и нейтрон в самом деле в такой же мере не вечны, как электрон. Кроме протона существует антипротон, а нейтрону соответствует антинейтрон. Результат взаимодействия частицы с античастицей аналогичен тому, что происходит с электроном и позитроном. Например, при взаимодействии протона и антипротона они исчезают и вместо них рождаются π -мезоны. Кроме того, протон и нейтрон в процессах бета распада способны превращаться друг в друга. (Прим. ред.)

7. ЭФИР И ФИЗИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО

Вопрос о силах, действующих между элементарными частицами, возвращает нас к тому затруднению, на котором пришлось остановиться при изложении состояния атомной физики в XVII и XVIII вв. Для объяснения сил, действующих между частицами на расстоянии, с точки зрения обычных механических представлений необходима сплошная, непрерывная среда: необходим эфир. В то время как представление об атомах эволюционировало, уточнялось и усложнялось, совсем иначе сложилась история идеи эфира. В начале XIX в., после несомненного доказательства волновой природы света, казалось, что существование эфира также доказано, так как волны должны распространяться в какой-нибудь среде: они бессмысленны в пустом пространстве. Этот силлогизм все же оказался ошибочным. В течение XIX в. делались многочисленные попытки на опыте обнаружить существование эфира. Они хорошо известны. Известно также, что результаты таких опытов отняли у представления о вещественном эфире всякую экспериментальную почву. В настоящее время физик с полной уверенностью может заявить, что никаких экспериментальных доказательств существования вещественного эфира до сих пор нет и что, наоборот, все опыты, поставленные для этой цели, дали несомненно отрицательные результаты.

Создалось, таким образом, очень трудное положение: с одной стороны, доказано, что вещество состоит из прерывно расположенных элементарных частиц; доказано, что между этими частицами действуют различные силы: силы тяготения, силы электромагнитные, особые ядерные силы; и вместе с тем доказано также, что между этими элементарными частицами нет никакой вещественной среды, которая могла бы служить для механической передачи сил.

Выход из этой катастрофы (катастрофы для механического миропонимания) был указан в 1905 г. Эйнштейном в его теории относительности. Коротко говоря, выход, предложенный Эйнштейном, заключался в том, что прежнее, ньютоновское представление о пространстве и времени как о сущностях, совершенно не связанных с материей, должно быть заменено совсем иным понятием: физическим пространством и временем. Ньютоновская картина пространства как пустого местоприемника, в котором располо-

жено вещество, ньютоновское представление о времени как о чистом движении без материи в учении Эйнштейна были объявлены лишенными смысла. Если пространство существует, — а оно, конечно, существует, — оно должно обладать свойствами всякой реальности, т. е. быть материальным. Эйнштейн конкретизировал свое учение о физическом пространстве и времени, связав их с движением вещества и силовыми полями. Ряд новых следствий, вытекающих из теории Эйнштейна, например зависимость массы тела от скорости, отклонение световых лучей около тяжелых масс, смещение спектральных линий на солнце и звездах, был подтвержден на опыте. Учение Эйнштейна превратило метафизические, лишенные материальности представления Ньютона в подлинные физические материальные реальности, неразрывно связанные с веществом.

Та огромная трудность, которая стала явной для физики в XVII в. и которая заставила Ньютона прибегнуть для разрешения к чисто метафизическим средствам, нашла свое физическое и материалистическое разрешение, по крайней мере с принципиальной стороны, в теории относительности. Трудность, связанная с так называемым дальнодействием в пустоте, исчезла навсегда.

8. ЧАСТИЦЫ И ВОЛНЫ

Однако у физиков осталось чувство неудовлетворенности той общей картиной явлений, с которой приходилось иметь дело до сих пор. В самом деле, с одной стороны, перед нами независимые, прерывно расположенные частицы, с другой — их силовые поля, заполняющие непрерывно физическое пространство. Наряду с несомненной прерывностью не менее несомненна непрерывность.

Автор теории относительности до сих пор не оставил надежды на то, что из самых общих представлений о физическом пространстве и времени, о тяготении и электромагнетизме удастся вывести факт существования отдельных прерывных частиц вещества. Много раз пытался Эйнштейн дать такую теорию элементарных частиц, исходя из учения о непрерывном физическом пространстве и времени. До сего времени эти попытки оставались неудачными, и понятия прерывного и непрерывного пребывали в своем противоречивом соседстве в общей системе современной теоретической физики.

Проблески разрешения этого противоречия появились и развились совсем с другой стороны: на основе исследования квантовых явлений. Мы уже указывали, что взаимодействие частиц, входящих в состав атомов и молекул, подчиняется особым прерывным законам. Эти законы определяют то обстоятельство, что энергия атомов и молекул не может меняться непрерывно, а принимает бесконечный ряд прерывных значений. С другой стороны, из этих же законов с несомненностью следует, что энергия, отдаваемая и получаемая атомами и молекулами, не может быть любой или бесконечно малой, — она может выражаться только целыми порциями, так называемыми квантами. В частности, согласно теории квантов, изучение света не может происходить непрерывным потоком: энергия света сосредоточена в определенных квантах, или атомах света.

Таким образом, идея атомов, которая, казалось, является характерной только для вещества, оказывается, должна быть перенесена и на другие формы материи, прежде всего на световой поток. Дальнейшее развитие теории квантов привело, однако, к еще более поразительному выводу. Если световые волны, как будто являющиеся конкретизацией непрерывного, в действительности оказались имеющими прерывную атомную структуру, то, наоборот, поток вещественных частиц, например поток электронов, атомов, молекул, при внимательном экспериментальном исследовании обнаружил все свойства, типичные для волн.

За последние два десятилетия удалось обнаружить дифракцию и интерференцию пучка электронов, атомов и молекул. Проходя через кристаллы, например через тонкие металлические пленки, состоящие из множества хаотично расположенных мелких кристаллов, электроны дают характерные дифракционные картины, подобно тому как это возникает при прохождении световых волн. На основании этих удивительных опытов и других экспериментальных и теоретических результатов возникла современная квантовая, так называемая волновая механика, в известном смысле рассматривающая поток вещества как поток волны и с этой точки зрения безукоризненно объясняющая те странные законы расположения электронов в атомах и молекулах, о которых уже приходилось говорить.

Перед физиком открылся мир явлений, поражающий диалектичностью синтеза как будто явно исключаящих друг друга явлений. В природе прерывные частицы — электроны, атомы, молекулы — оказались органически, по самому существу своему неразрывно связанными с непрерывными волнами. Прерывное и непрерывное воплотилось в конкретное единство противоположности реального вещества.

Таким образом, новая физика не только необычайно углубила, конкретизировала и детализировала учение об элементарных частицах вещества, но она также преодолела главное внутреннее противоречие, как будто бы неизбежно связанное с учением об атомах. Первым противоречием было существование атомов в пустом пространстве и сил, действующих между атомами. Физика выбросила из своего инвентаря как пустое пространство, так и мировой эфир, заменив то и другое учением о физическом пространстве, устранив полностью указанное противоречие. Оставалось противоречие прерывных атомов и непрерывных силовых полей, прерывность вещества и непрерывность света и тяготения. Новая физика устранила и это противоречие. В реальной материи волновые свойства и свойства частиц оказались всегда уживающимися вместе и являющимися едиными неразрывными сущностями: как свет одновременно обладает волновыми и корпускулярными свойствами, так и вещество одновременно заключает в себе качества волны и частицы. Этот потрясающий вывод новой физики еще раз вызывает в памяти глубокую мысль В. И. Ленина, приведенную нами в качестве эпиграфа.

Физика есть наука о простейших формах материи и движения. Ей, по существу дела, свойственна некоторая тенденция к упрощенному подходу к явлениям. И не приходится удивляться, что учение об элементарных частицах вещества в мечтах многих современных физиков должно объяснить не только элементарные формы явлений, но в конце концов Вселенную в целом. С этой упрощенной точки зрения, мир, Вселенная является бесконечным повторением в огромном количестве экземпляров одних и тех же явлений. Исходя из представления о протонах и нейтронах, физик старается построить вполне замкнутое учение об атомном ядре. Объяснив ядро и предположив существование электронов, далее, на основании общих законов волновой механики, физик, объясняет, как и почему именно

так построены различные атомы. Атом объяснен. Затем на основании тех же законов волновой механики объясняются силы, возникающие между однородными и разнородными атомами. При помощи этих сил физик объясняет химические явления, т. е. образование разнообразных молекул, иногда весьма сложных, насчитывающих десятки и сотни атомов. В результате взаимодействия атомов и молекул при определенных условиях температуры и давления из газа получается жидкость или твердое тело — кристалл, и физик пытается объяснить все свойства и газа, и жидкости, и кристаллического состояния на основании известных ему и объясненных уже свойств молекул.

Но этими успехами не ограничиваются желания и претензии физика. Ему хотелось бы понять на основе одних только сведений об атомах, почему во Вселенной, в реальном мире, вещество собирается в огромные скопления звезд и солнца, почему звезды и солнце образуют громады, подобные нашему Млечному пути, так называемые спиральные туманности, как, наконец, эти спиральные туманности взаимодействуют друг с другом и какую общую систему, сверхвселенную, они образуют. Подчеркиваю, что речь идет не об осуществленном деле, а о стремлениях и тенденциях современной физики.

До выполнения этой грандиозной программы еще очень далеко: мы не только не можем объяснить с исчерпывающей полнотой строение солнца, но у нас еще есть некоторые не совсем разрешенные затруднения, даже, например, в простейшем атоме водорода, который состоит из одного протона и одного электрона. Очень мало знаем мы до сих пор в конкретной форме о строении сложных атомов и, тем более, сложных молекул. Много для нас непонятно в свойствах жидкостей и кристаллов. Звезды и спиральные туманности, конечно, таят в себе еще огромные количества необъясненных явлений. Несмотря на это, необычайные успехи, полученные современной физикой, чрезвычайно окрыляют, и трудно найти физика, который в глубине души не верил бы, что принципиально, исходя из свойств элементарных частиц — электронов, протонов, нейтронов, нейтрино, нейтретто и т. д., можно количественно и до конца объяснить свойства всей Вселенной. Мы думаем, что такие надежды преувеличены и просто ошибочны, что физик подходит к делу слишком механистично и упрощенно. Едва ли можно мыслить мир как бесцветное на-

громождение одних и тех же сущностей в большом количестве экземпляров. Едва ли можно представлять себе мир огромным складом одинаковых объектов. Такой мир в своем однообразии нетерпим, и приходится согласиться со словами философа Гюйо, писавшего в своем грустном стихотворении «Спектральный анализ»:

Nous aurions beau sonder la profondeur muette,
Nous envoler au loin dans son obscurité,
Qu'y découvririons nous? L'univers se répète...
Qu'il est pauvre et stérile en son immensité!¹⁶

С духом материалистической диалектики совместимо только представление о бесконечном мире как о постоянно развивающемся целом, как о целом, определяющем свойства своих частей. Нам кажется, что в тенденциях теории относительности объяснить свойства элементарных частиц из свойств мира в целом имеется несомненная доля истины. Если свойства частицы действительно очень многое объясняют в поведении мира в целом, то, с другой стороны, по общим законам диалектики мы вправе ожидать, что свойства самих элементарных частиц определяются свойствами мира в целом. Обе эти противоположные тенденции теоретической физики — объяснить мир начиная с двух противоположных сторон: с Вселенной в целом и с мельчайших элементарных частиц — в действительности, вероятно, содержат в себе вполне правильные элементы и обе в своих крайних выражениях ошибочны.

Здесь, однако, мы подходим к крайне трудному вопросу, едва затронутому и в современной физике, и в современной философии, и на этом общую картину современного учения о строении вещества, естественно, приходится закончить.

¹⁶ *M. Guyau. Vers d'un Philosophie. Paris, 1881, p. 196.* Перевод: «Мы напрасно стали бы исследовать (зондировать) немую бездну, напрасно лететь в ее мрак. Что мы там откроем? Мир повторяется... Как он беден и бесплоден в своей безграничности (бесконечности)».

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
Ленин и современная физика	15
1. Особенность положения физики в системе наук	16
2. Механическая физика и метод принципов	18
3. Крушение основ механического мировоззрения	20
4. Переворот в физике и философии	23
5. Новая физика и механический материализм	28
6. Новая физика и диалектика	31
7. Методы исследования современной физики	34
8. Современная физика и идеализм	38
9. Ленин и советская физика	41
Развитие идеи вещества	43
1. Материя и вещество	43
2. Возникновение идеи строения вещества	47
3. Взаимодействия атомов и эфир	49
4. Атомизм в классической физике	53
5. Структура химического атома	57
6. Динамика и развитие химических атомов	63
7. Эфир и физическое пространство	65
8. Частицы и волны	66

Сергей Иванович Вавилов

ЛЕНИН И СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИКА

Утверждено к печати по постановлению
Редакционно-издательского совета
Академии наук СССР

Редактор издательства **Ю. Г. Тихомирова**
Художник **Н. Т. Дворников**
Технический редактор **В. И. Зудина**

Сдано в набор 16/ХП 1969 г
Подписано к печати 22/П 1970 г
Формат 84×108^{1/32} Бумага № 1
Тираж 10 000 экз Тип зак 3286
Усл печ л 3,88 Уч-изд л 3,6

Цена 26 коп

Издательство «Наука»
Москва К-62, Подсосенский пер, д 21
2-я типография Издательства «Наука»
Москва Г-99, Шубинский пер, 10

26 коп.

ИЗДАТЕЛЬСТВО · НАУКА

26 коп.

ИЗДАТЕЛЬСТВО · НАУКА