

перемещениями соответствующих физических реальностей во всех случаях, когда мы стремимся познать конечную структуру того или иного физического процесса. Необходимо вместе с тем четко признать, что борьба с ошибочной научно-философской установкой, которая именуется механистической точкой зрения, не должна быть подменяема в современной физике совершенно необоснованным гонением на законные попытки рассмотрения тех механических движений, тех пространственных перемещений, которые несомненно составляют основу структуры всякого физического процесса, хотя никоим образом сами по себе не исчерпывают его сущности. Следует, наконец, перестать отождествлять термины «механический» и «механистический», как это, к сожалению, нередко имеет место в современной научно-философской и физической литературе.

VI

О СОВРЕМЕННОЙ БОРЬБЕ МАТЕРИАЛИЗМА С ИДЕАЛИЗМОМ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ¹

1. «Суть кризиса современной физики состоит в ломке старых законов и основных принципов, в отбрасывании объективной реальности вне сознания, т. е. в замене материализма идеализмом и агностицизмом». ² Так сказал В. И. Ленин еще тридцать лет тому назад по поводу некоторых течений в физической науке, возникших в связи с бурным потоком открытий, которые, на первый взгляд, якобы требовали отказа от основных представлений принципиального характера. Своим глубоким анализом неправильных уклонов в трактовке физических явлений В. И. Ленин показал, что в действительности нет никаких поводов к тому, чтобы отходить от позиций материалистического миропонимания, и что, наоборот, каждое новое открытие, обогащающее физическую науку, только подтверждает установки диалектического материализма, знаменуя при этом новую ступень в непрерывной и совершенно закономерной эволюции наших физических воззрений.

Как всем хорошо известно, кризис в физике еще не изжит. Именно теперь, когда физическая мысль устремилась в область явлений атомного масштаба, когда наука обогатилась целым рядом новых фактов, касающихся строения вещества, и теоретическая физика сделала много чрезвычайно важных обобщений, именно теперь кризис в физике приобрел особую остроту. Суть дела и в настоящее время заключается в том, что основные положения материализма, в целом или частично, разделяются не всеми представителями физической науки как за границей, так и в СССР. В связи с этим необходимо констатировать у некоторых современных физиков более или менее резко выраженные уклоны в сторону идеализма.

2. В зарубежных странах классовая идеология является одним из главных факторов, обуславливающих антиматериалистические течения в области науки о природе. В нашей стране остатки подобных течений в основном связаны с отсутствием надлежащего, критического отношения к высказываниям некоторых зарубежных ведущих

¹ Напечатано (в порядке обсуждения) в журнале «Под знаменем марксизма», 1938, № 8, стр. 111—137.

² Ленин. Соч., т. XIII, стр. 211, «Материализм и эмпириокритицизм».

физиков и, подчас, с простым подражанием им. Это не может не тормозить развития физической мысли у нас в Союзе и препятствует ей выйти на самостоятельный путь. Вместе с тем, однако, необходимо отметить, что в ряде случаев у тех советских физиков, которые еще не стали полностью на позиции диалектического материализма, наблюдается определенная тенденция к отсуживанию от научно-философских течений, антагонизирующих с материализмом.

Дальнейшая борьба за искоренение идеалистических установок в области физического мышления может в значительной степени облегчиться и сделаться достаточно плодотворной при условии четкого формулирования некоторых основных положений, с которыми необходимо было бы считаться во всех без исключения случаях. Следующие 10 положений в полной мере соответствуют вероятной природе вещей и должны служить для правильной ориентировки при рассмотрении физических явлений.

Положение I. Предмет физических изысканий объективно существует вне нашего сознания и независимо от нашего сознания, так что в действительности происходит не то или иное в соответствии с нашей точкой зрения, а нечто, совершенно определенное и, во всяком случае, совершенно неподчиненное нашим точкам зрения.

Положение II. Материя есть «объективная реальность, существующая независимо от человеческого сознания и отображаемая им». ¹

Положение III. «В мире нет ничего, кроме движущейся материи, и движущаяся материя не может двигаться иначе, как в пространстве и во времени». ²

Положение IV. «...Пространство и время — не простые формы явлений, а объективно-реальные формы бытия». ³

Следствие 1-е. Абсолютно пустое пространство или, иными словами, пространство, лишенное физического содержания, т. е. не содержащее вечно движущейся материи, есть абстракция.

Следствие 2-е. Абсолютное время, независимое от вечно движущейся материи, есть абстракция.

Положение V. Всякая физическая реальность, т. е. объективная реальность, участвующая в каком-либо физическом явлении, представляет собою некоторую форму движущейся материи.

Положение VI. Всякая физическая реальность характеризуется тем, что любая сколь угодно малая часть ее обладает некоторым объемом и локализована в пространстве и времени.

Положение VII. «Мир есть движущаяся материя... и законы движения этой материи отражает механика по отношению к медленным движениям, электромагнитическая теория — по отношению к движениям быстрым». ⁴

Положение VIII. «Всякое движение заключает в себе механическое движение и перемещение больших или мельчайших частей материи; познать эти механические движения является первой задачей науки, однако лишь первой. Само же это механическое движение вовсе не исчерпывает движения вообще». ¹

Положение IX. В основе рассмотрения физических явлений должно лежать безоговорочное «признание объективной закономерности, причинности, необходимости в природе... наряду с подчеркиванием относительного характера наших, т. е. человеческих, приближенных отражений этой закономерности в тех или иных понятиях». ²

Положение X. Во всяком сколь угодно малом или сколь угодно большом объеме полное количество энергии (с учетом энергетического эквивалента массы) может изменяться только в результате движения энергии из данного объема наружу или снаружи внутрь данного объема.

3. Вышеприведенные положения не представляют собою чего-либо нового для тех, кто стремится придерживаться материалистических установок. В отдельных случаях (положения II, III, IV, VII, VIII и IX) формулировки взяты непосредственно в виде цитат из работ В. И. Ленина и Ф. Энгельса, так как эти цитаты исключительно четко и ясно выражают сущность совершенно неоспоримых представлений о природе.

Из всей совокупности опытных данных вполне определенно вытекает, что мы не можем какими бы то ни было усилиями нашего сознания прекратить бытие того «нечто», которое составляет предмет физических изысканий. Констатирование этого принципиально важного обстоятельства есть не что иное, как признание объективной реальности материального мира, существующего вне нашего сознания.

Положение I, именно указывающее, что предмет физических изысканий объективно существует вне нашего сознания и независимо от нашего сознания, является основной предпосылкой для всего дальнейшего. Признание справедливости этого положения требует самого категорического осуждения таких крайних течений философской мысли, как солипсизм, а также вообще не допускает какого-либо соподчинения объективного субъективному. Как известно, солипсист признает существование только своего собственного сознания. Он делает иногда некоторую уступку в виде признания по аналогии и чужих сознаний. Мир, с точки зрения солипсизма, есть лишь комплекс наших внутренних переживаний. Насколько непоследователен бывает сторонник этих крайних идеалистических взглядов, насколько он сам мало руководствуется ими в своей жизни и деятельности, явствует хотя бы из того, что он, конечно, принимает ежедневно пищу и, если он окажется, например, на железнодорожном пути, по которому мчится навстречу поезд, то сойдет с пути, несмотря на то, что на словах он отрицает существование чего бы то ни было, кроме

¹ Ленин. Соч., т. XIII, стр. 214.

² Там же, стр. 144.

³ Там же, стр. 144.

⁴ Там же, стр. 230.

¹ Фридрих Энгельс. «Анти-Дюринг», стр. 249. Партиздат. 1934.

² Ленин. Соч., т. XIII, стр. 128.

собственного сознания. Правда, он говорит при этом, что лишь отдаст дань общечеловеческим предрассудкам. Однако эти «предрассудки», обоснованные опытом многих поколений и свидетельствующие о существовании на свете чего-то, кроме человеческого сознания, постоянно руководят проявлениями чувства самосохранения, которым несомненно, обладает каждый солипсист. Таким образом, теоретики солипсизма на практике всегда оказываются чистейшими «материалистами» и своим неизбежным подчинением внешним обстоятельствам весьма убедительно доказывают абсурдность того, что им подсказывает неправильно работающее воображение.

В теснейшей внутренней связи с чистым солипсизмом стоит феноменализм всех оттенков, в том числе махизм, до последнего времени имеющий немало сторонников. Феноменализм вынужден допустить связь деятельности нашего сознания с ощущениями, но, вместо того чтобы сделать один шаг вперед и признать, что наши ощущения являются результатом воздействия на наши органы чувств со стороны объективной реальности, находящейся вне нас и лишь отображаемой в нашем сознании через посредство ощущений, — вместо этого феноменализм не идет дальше рассмотрения «комплексов ощущений», которые якобы и исчерпывают собой все содержание того, что мы обычно называем «вещами», «телами». В связи с этим феноменализм утверждает, что предметом физики является изучение закономерных соотношений не между вещами и телами, которые лишь кажутся существующими вне нас, а между комплексами наших ощущений. Бытие тех или иных вещей вне нас объявляется «гипотезой», «рабочей гипотезой». И как всякая гипотеза, подобного рода предположение не является чем-то незыблемым. В зависимости от точки зрения, в зависимости от «удобства» различные основные и дополнительные «рабочие гипотезы» считаются приемлемыми, лишь бы они не приводили к формальным противоречиям при анализе соотношений между «комплексами ощущений», которые мы называем «вещами» якобы только вследствие простой привычки.

Итак, главная установка феноменализма, как и солипсизма, заключается в том, что сознание есть нечто основное, первичное. Подчиненную по отношению к сознанию роль играют ощущения, на базе которых создаются «рабочие гипотезы» о существовании вне нашего сознания различных вещей с теми или иными свойствами. Указанная общая схема, в явном или скрытом виде, может быть прослежена во всех разновидностях феноменализма. В своих философских построениях Мах пытался, вступив на путь своеобразного эклектизма, использовать некоторые понятия, казалось бы, относящиеся к вещам, реально существующим вне нашего сознания, но все это приводится в такой сбивчивой форме, что его феноменализм, последовательно развиваемый, сближается с солипсизмом. Из рассуждений Маха неизбежно следует, что мир есть только наше представление.

В книге В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм» содержится исчерпывающий анализ махизма и выявлено его антиматериалистическое содержание.

Вместе с тем В. И. Ленин показал в этой книге, что мирозерцание, наиболее соответствующее действительности, должно рассматривать в качестве первичного вещи и тела, которые объективно существуют вне нашего сознания и совершенно независимо от нашего сознания. К такому утверждению приводит весь многообразный опыт, приобретенный человечеством на протяжении ряда тысячелетий его существования. Это направление мысли проходит красной нитью через все естествознание, которое не могло бы развиваться, если бы в науке господствовало представление о мире как о чем-то лишь воображаемом. В отдельных случаях у некоторых естествоиспытателей бывали и бывают отклонения в сторону идеалистических установок, но в основном наука о природе стихийно идет по пути признания объективной реальности изучаемых предметов. Мир объективно существовал еще до появления мыслящего человека. С этой точки зрения, ощущения, связанные с восприятием нашими органами чувств воздействия со стороны внешнего мира, и затем наше сознание являются чем-то, соподчиненным внешнему миру по своей форме и содержанию. Наше представление о вещах внешнего мира есть отображение этих вещей в нашем сознании, отображение приблизительное, но непрерывно совершенствующееся по мере развития науки о природе и постепенно приближающееся к наибольшему соответствию с тем, что происходит в действительности.

4. Положения II и III содержат в высокой степени краткую формулировку сущности наших общих воззрений, касающихся материи как объективной реальности, без непременно участия которой принципиально не мыслимо какое бы то ни было физическое явление.

Представление о материи, в общепhilosophическом смысле, охватывает собою не только так называемую гравитационную материю, т. е. вещество, из которого состоят обычные тела разного рода, но и вообще все то, что лежит в основе каких бы то ни было иных физических объектов (например электромагнитного поля, квантов лучистой энергии и т. п.).

Положение II говорит о том, что материя объективно-реально существует вне нашего сознания, независимо от нашего сознания. При нашем соприкосновении с внешним миром мы получаем разного рода ощущения через посредство органов чувств. Комплексы этих ощущений составляют основное содержание нашей мозговой деятельности, и таким именно образом материальный мир отображается в нашем сознании.

Положение III — «В мире нет ничего, кроме движущейся материи...» — отнюдь не отрицает объективной реальности нашего сознания, т. е. психической стороны в деятельности нервных центров, которыми обладают представители животного мира. Суть дела в том, что «материя, природа, бытие, физическое есть первичное, а дух, сознание, ощущение, психическое — вторичное».¹ С материалистической точки зрения, наше сознание не есть нечто самодовлеющее,

¹ Ленин. Соч., т. XIII, стр. 120.

существующее само по себе и независимо от чего бы то ни было другого. «Ощущение, мысль, сознание есть высший продукт особым образом организованной материи».¹

В положении III говорится о движущейся материи. В ряде случаев иногда все происходит так, как будто бы материя остается неподвижной. Мы, например, весьма часто говорим о некотором неподвижном теле, имея при этом в виду неизменность взаимного расположения данного тела и других, окружающих его тел. Однако внимательное рассмотрение подобных случаев убеждает нас в том, что и здесь, по существу, мы имеем дело с движущейся материей. С одной стороны, всякая группа тел, кажущаяся неподвижной, в действительности участвует во вращении земли вокруг ее оси, в поступательном движении земли вдоль орбиты вокруг солнца и т. д. С другой стороны, вещество, образующее рассматриваемые тела, состоит из непрерывно движущихся молекул и атомов, которые в свою очередь состоят из электронов, протонов и тому подобных элементарных частей, также находящихся в непрерывном движении и не представляющих собою последней ступени в познании движущейся материи. Изучение всех без исключения физических процессов всегда делает шаг вперед, вскрывая те или иные пространственные перемещения, имманентно связанные с этими процессами. Представить себе материю, находящуюся в абсолютном покое, мы не можем. «Метафизический, т.-е. антидиалектический, материалист может принимать существование материи (хотя бы временное, до «первого толчка» и т. п.) без движения. Диалектический материалист не только считает движение неразрывным свойством материи, но и отвергает упрощенный взгляд на движение и т. д.»² Вместе с тем мы не можем себе представить и какое бы то ни было движение отделенным от того, что движется и что именно в связи с наличием движения оказывается носителем соответствующего количества движения и определенного количества энергии. Представление о движении вне обязательной ассоциации с материей, которая движется, так же как и представление об энергии в качестве чего-то, существующего самостоятельно и вне связи с материей, которая является носителем энергии, — такого рода представления неизбежно влекут за собою уклонение физической мысли в область антиматериалистических построений. «Существенно то, что попытка мыслить движение без материи протаскивает мысль, оторванную от материи, а это и есть философский идеализм».³ «На деле, мысленное устранение материи, как «подлежащего» из «природы», означает молчаливое допущение мысли как «подлежащего» (т.-е. как чего-то первичного, исходного, независимого от материи) в философию».⁴

Наконец, в положении III указывается, что «движущаяся материя не может двигаться иначе, как в пространстве и во времени». Дей-

ствительно, под движением (в узком смысле этого слова) мы разумеем изменение во взаимном расположении данного объекта и других, окружающих его объектов. С этим непосредственно связано представление о пространственном расположении рассматриваемых объектов и о самом пространстве как о чем-то, неразрывно связанном с существованием материи вообще. Сверх того, рассмотрение всякого движения, всякого изменения, которое происходит в системе тех или иных материальных объектов, приводит нас к констатации еще одного важного обстоятельства, характеризующего общие условия существования материи. Дело в том, что каждое движущееся тело может занимать и в действительности занимает в пространстве самые разнообразные положения по отношению к другим телам. Однако опыт показывает, что данное тело не находится и в одном месте, и в другом, и в третьем, и т. д. Мы можем только сказать, что это тело находится или в одном месте, или в другом месте, или в третьем месте, и т. д. Обязательность этого «или» связана с представлением о чередовании различных положений тела. Точно так же всякое изменение в состоянии того или иного объекта или системы объектов есть результат чередования отдельных состояний. Эти чередования отображаются в нашем сознании в виде представления о времени как о некоторой форме существования материи. Мы не можем мыслить что бы то ни было вне пространства и времени. Еще Гегель, говоря о движении в смысле пространственного перемещения, указывал: «Его сущностью является та черта, что оно есть непосредственное единство пространства и времени; оно есть существующее благодаря пространству реальное время, или, иначе говоря, теперь только благодаря времени подлинно различное пространство. Таким образом мы знаем, что в движение входит время и пространство...».¹

В развитие положений II и III можно привести еще нижеследующее высказывание Ф. Энгельса,² в котором он в высокой степени образно резюмирует сущность материалистических представлений о природе:

«Материя движется в вечном круговороте, завершающем свою траекторию в такие промежутки времени, для которых наш земной год не может служить достаточной единицей; в круговороте, в котором время наивысшего развития, время органической жизни и еще более жизни сознательных существ столь же скудно отмерено, как пространство в жизни и в самосознании; в круговороте, в котором каждая отдельная форма существования материи — безразлично, солнце или туманность, отдельное животное или живой вид, химическое соединение или разложение — одинаково преходяща, и в котором ничто не вечно, кроме вечно изменяющейся, вечно движущейся материи и законов ее движения и изменения. Но, как бы часто и как бы безжалостно ни совершался во времени и в пространстве этот

¹ Ленин. Соч. т. XIII, стр. 45.

² Там же, стр. 221.

³ Там же, стр. 220.

⁴ Там же, стр. 221.

¹ Гегель. «Философия природы». Соч. т. II, стр. 59. Перевод под редакцией А. А. Максимова. Соцэкгиз. М. и Л. 1934.

² Ф. Энгельс. «Диалектика природы», стр. 99, Партиздат. 1933.

круговорот, сколько бы бесчисленных солнц и земель ни возникало и ни погибало, как бы долго ни приходилось ждать, пока в какой-нибудь солнечной системе, на какой-нибудь планете не появятся условия, необходимые для органической жизни, сколько бы бесчисленных существ ни должно было погибнуть и возникнуть, прежде чем из их среды разовьются животные с мыслящим мозгом, находя на короткий срок пригодные для своей жизни условия, чтобы затем быть тоже истребленными без милосердия, — мы все же уверены, что материя во всех своих превращениях остается вечно одной и той же, что ни один из ее атрибутов не может погибнуть и что поэтому с той же самой железной необходимостью, с какой она некогда истребит на земле свой высший цвет — мыслящий дух, она должна будет его снова породить где-нибудь в другом месте и в другое время».¹

5. Положение IV гласит, что «пространство и время — не простые формы явлений, а объективно-реальные формы бытия». Подобно тому как материя не есть продукт деятельности нашего сознания, а объективно-реально существует вне нашего сознания, точно так же и основные формы существования материи — пространство и время — объективно-реальны. «Человеческие представления о пространстве и времени относительны, но из этих относительных представлений складывается абсолютная истина, эти относительные представления, развиваясь, идут по линии абсолютной истины, приближаются к ней. Изменчивость человеческих представлений о пространстве и времени так же мало опровергает объективную реальность того и другого, как изменчивость научных знаний о строении и

¹ В природе мы весьма часто встречаемся с явлениями, имеющими характер круговорота. Так, мы наблюдаем круговорот земли вокруг солнца, круговорот земли вокруг ее оси и т. д. и т. п. вплоть до ряда явлений в области микрокосмоса. Но во всех этих случаях мы никогда не имеем дела с абсолютным круговоротом, т. е. с абсолютно точным повторением пройденного цикла изменений. По причине бесконечного разнообразия взаимоотношений, которые имеют место среди бесчисленного множества физических реальностей всякого рода, в природе не может быть абсолютно точного повторения какого-либо пройденного цикла, а может встречаться лишь приблизительное повторение подобного цикла, причем степень приближения, представляется большей или меньшей в зависимости от общей обстановки и от того, насколько мы отвлекаемся от мироздания в целом, сосредоточивая внимание на определенном комплексе физических реальностей. Например, говоря о круговороте земли вокруг солнца, мы обычно отвлекаемся от большого количества других обстоятельств и, между прочим, от того несомненного факта, что вся солнечная система движется в пределах нашей галактики и, следовательно, изменяет свое расположение относительно других небесных тел и их систем. В то же время и на земле, и на солнце, и на всех других небесных телах происходят самые разнообразные изменения физико-химического, метеорологического, геологического и т. п. характера. Аналогичное можно утверждать и относительно всех без исключения других круговоротов, которые встречаются в действительности. Таким образом, говоря о том или ином круговороте во вселенной, необходимо иметь в виду относительность этого круговорота, который всегда происходит на фоне непрерывного и бесконечного развития всего мироздания в целом. И, конечно, в вышеприведенных словах Ф. Энгельса речь идет именно об относительном круговороте грандиозного по времени и пространству масштаба. (Примечание, добавленное в 1939 г.)

формах движения материи не опровергает объективной реальности внешнего мира».¹

В общей теории относительности Эйнштейна, несомненно, отражаются начала материалистического миропонимания, когда пространство и время рассматриваются в неразрывной связи с гравитационной материей и именно как форма существования этой материи.

Пользуясь понятиями пространства и времени в научном языке и в обычной речи, мы весьма часто абстрагируем данные понятия и рассуждаем так, как будто бы эти основные формы существования материи представляют собою нечто самостоятельное и независимое от материи. Так например мы говорим о каком-либо объеме пространства, в котором размещены те или иные тела как в некоторомместилище. Разного рода физические процессы и происходящие при этом движения мы рассматриваем на фоне данного объема пространства как некоторой арены, существующей как будто вполне самостоятельно. Если все это делается с учетом того, что в действительности пространство есть лишь форма существования материи и неотделимо от нее, если такие обороты речи мы сознательно допускаем лишь как удобный условный язык, — в этом нет ничего антиматериалистического. Однако весьма часто забывают о такого рода условности и совершенно игнорируют ее. На этой почве возникло чисто идеалистическое представление об абсолютно пустом пространстве как о чем-то самодовлеющем, что может объективно-реально существовать само по себе. Это есть один из наиболее ярких примеров фетишизма в области физической науки.

На основании всего сказанного выше совершенно очевидно, что абсолютная «пустота» есть абстракция (следствие 1-е положения IV). Ведь пространство есть лишь форма существования материи, и потому оно не мыслимо без заполняющей его вечно движущейся материи. Встречаются софистические попытки оправдать представление об абсолютно пустом пространстве ссылкой на то, что в некотором теле может существовать внутренняя пустая полость и она якобы может быть абсолютно пустой, так как мы имеем право рассматривать охватывающую ее замкнутую поверхность в качестве внутренней границы (т. е. внутренней «формы») материи, образующей данное тело. Упускается при этом из вида, что внутри такой полости мы всегда можем выделить произвольный объем, не соприкасающийся с границей полости. В случае абсолютной пустоты в этой полости, рассматриваемый объем оказывается не имеющим никакого отношения к материи, которой не будет ни внутри данного объема, ни непосредственно снаружи его. Следовательно, этот произвольно выделенный объем не является формой существования какой-либо материи и не есть нечто объективно-реальное, а представляет собою такую же чистую абстракцию, как и вся якобы абсолютно пустая полость.

Итак, абсолютно пустого пространства в природе не бывает. Это есть лишь нечто воображаемое. И тем не менее мы знаем ряд случаев,

¹ Ленин. Соч., т. XIII, стр. 144.

когда пространство не содержит обычной материи и кажется нам совершенно пустым. На основании положения IV, такое пространство необходимо считать заполненным чем-то материальным. За неимением более подходящего термина для обозначения материального содержания «пустого» пространства приходится пользоваться словом «эфир». Оставляя пока в стороне вопрос о природе и о структуре эфира, мы можем утверждать только одно, а именно, что он непрерывно заполняет все пространство. В противном случае мы должны были бы допустить абсолютную пустоту хотя бы в пределах очень малых элементарных объемов пространства. В связи со сказанным мы приходим к заключению, что именно в эфире происходят те процессы, которые характеризуют электромагнитное поле, вообще, и электрическое поле, магнитное поле, в частности, а также гравитационное поле.

В современной физической науке господствует отрицательное отношение к эфиру как материальной основе процессов, происходящих в так называемом пустом пространстве. В стремлении придать материалистическую окраску вытекающим отсюда физическим представлениям концепцию материи иногда подменяют концепцией пространства и говорят о том, что само пространство материально и что перечисленные выше поля представляют собою не что иное, как свойство пространства. При этом, однако, мысль не доводится до конца и не указывается четко и ясно, что в этих рассуждениях пространство рассматривается не как форма существования материи, а в качестве самой материи. Все эти уклоны научной мысли необходимо отнести к области физического идеализма.

Заслуживает известного внимания вопрос о том, какое именно пространство мы должны иметь в виду, говоря о физических явлениях, совершающихся в этом пространстве. Иными словами, вопрос идет о том, сколькими измерениями обладает физическое пространство. Совершенно подобно тому, как поверхность, например, шара есть двумерное пространство несмотря на наличие его кривизны, точно так же и физическое пространство, которое представляет собой форму существования вечно движущейся материи и в котором происходят явления, изучаемые физической наукой, есть пространство трехмерное несмотря на его возможную кривизну, в соответствии с общей теорией относительности. Вся совокупность того, что мы знаем о природе, не допускает мысли о существовании физических объектов вне трехмерного пространства. В связи с идеалистическими течениями в физической науке, пытавшимися отрицать вышесказанное (и до настоящего времени иногда, к сожалению, вновь возрождающимися), В. И. Ленин в свое время сказал между прочим, следующее: «Естествознание не задумывается над тем, что вещество, которое им исследуется, существует не иначе, как в пространстве с 3-мя измерениями, а следовательно, и частицы этого вещества, хотя бы они были так мелки, что видеть мы их не можем, «обязательно» существуют в том же пространстве с 3-мя измерениями».¹

¹ Ленин. Соч., т. XIII, стр. 148.

Таким образом, рассматривая различные явления природы, мы всегда и неизменно должны иметь в виду трехмерное физическое пространство. Пытаясь выйти за пределы этого объективно-реального пространства, мы становимся на антиматериалистический путь.

Только что сказанное несколько не противоречит закономерности использования идеи о многомерных пространствах в математических операциях, к которым иногда весьма целесообразно и даже необходимо прибегать в некоторых специальных отделах современной теоретической физики. В области математического анализа физических явлений не может быть никаких ограничений для формально правильного развития соответствующих операций. Но в области физического мышления, в особенности при истолковании физического значения полученных математическим путем результатов, несомненно, приходится считаться с некоторыми ограничениями, вытекающими из наших общих, принципиальных установок, и не выходить за пределы той пространственно-временной непрерывности, в которой имеют место физические явления.¹

Аналогично идеалистическому представлению о пространстве самом по себе, не ассоциируемом с движущейся материей, в науке существовало неправильное представление о времени самом по себе, вне какой бы то ни было ассоциации с процессами, протекающими в материальном мире. Теория относительности в значительной степени исправила эту ошибку, тесно связав временную протяженность с условиями существования гравитационной материи. Оставляя в стороне вопрос о том, в какой мере возможно говорить о всеобщем времени как форме существования всего мира в целом, необходимо во всяком случае категорически отвергнуть представление об абсолютном времени, совершенно независимом от вечно движущейся материи, и признать подобного рода представление чистой абстракцией (следствие 2-е положения IV).

Итак, «основные формы всякого бытия суть пространство и время, и бытие вне времени такая же бессмыслица, как бытие вне пространства».²

6. В положениях V и VI речь идет о физической реальности. В каждом явлении природы мы всегда имеем дело с разного рода объективными реальностями, которые играют роль носителей свойств, обнаруживаемых в этом явлении и изучаемых различными отделами естествознания. Физика, будучи основной наукой о природе, имеет дело с самыми общими свойствами этих объективных реальностей, которые можно назвать физическими реальностями, поскольку они участвуют в том или ином физическом явлении. Самое существенное, что можно утверждать о любой физической реальности, — это следующее: в каком бы виде она ни представлялась в процессе эксперимента, она есть не что иное, как некоторая форма движущейся материи (положение V). Других физических реальностей не существует в природе.

¹ См. акад. В. Ф. Миткевич. Сборник «Основные физические воззрения», стр. 51. 1936. 2-е изд. (настоящий сборник, статья III).

² Фридрих Энгельс. «Анти-Дюринг», стр. 36. Партиздат. 1934.

Можно привести бесчисленное количество примеров физических реальностей. Разного рода тела, состоящие из гравитационной материи (вещества), в том числе молекулы, атомы, электроны, протоны и прочие составные части атомов, струя жидкости или газа, воздушный вихрь (смерч), пламя, звуковая волна, электрический ток, электромагнитное поле, поток электрического смещения, магнитный поток, световой квант и т. д. — все это физические реальности, которые представляют собою лишь те или иные формы движущейся материи, в самом общем смысле этого слова. Различные формы, которые принимает движущаяся материя, проявляются в виде различных качественно отличающихся физических реальностей. И все это, конечно, справедливо как в отношении макрофизических, так и в отношении микрофизических явлений.

Объективно-реальное трехмерное пространство есть форма существования материи. При этом абсолютно пустого пространства в действительности не может быть. Абсолютная «пустота» есть нечто воображаемое, абстракция (следствие 1-е положения IV). Реальное пространство непрерывно заполнено материей. Следовательно, материю мы должны мыслить пространственно, т. е. каждую сколь угодно малую часть материи мы обязательно должны представлять себе не иначе, как заполняющей соответствующий ей объем трехмерного пространства. И этот объем, конечно, должен иметь строго определенную локализацию в пространственно-временной непрерывности. Соответственно этому и любая сколь угодно малая часть какой бы то ни было физической реальности обладает некоторым объемом не равным нулю и локализована в пространстве и времени (положение VI). Только таким образом и может осуществляться бытие какой-либо физической реальности в пространстве и времени. То, что не может быть локализовано в пространстве и времени, что не занимает в каждый данный момент времени определенного места в пространстве, существует вне пространства и времени, т. е. реально не существует, а есть лишь фикция, которой нет места в физическом мышлении.

Ярким примером незакономерного и в корне антиматериалистического хода рассуждений могут служить некоторые своеобразные попытки физически интерпретировать отдельные выводы современной квантовой механики. Так, известное соотношение неопределенности и связанный с ним принцип дополнительности дают некоторым представителям физической науки повод утверждать, что, экспериментировав в области микрофизических явлений, мы имеем дело с объектами, которые принципиально не могут быть локализованы в пространстве и во времени, так что говорить о движении этих объектов по соответствующим траекториям не имеет никакого смысла. Совершенно очевидно, что какие бы то ни было объекты, находящиеся вне пространства и времени, являются не физическими реальностями, а продуктами идеалистических установок тех, кто их придумал. И, конечно, подобного рода нереальные объекты не могут принимать участия в каких-либо физических процессах. Суть дела в том, что соотноше-

ние неопределенности, несомненно, представляющее собой ценный результат математического анализа данных физического эксперимента в области явлений атомного масштаба, не должно быть интерпретируемо как доказательство каких-то мистических вновь открытых свойств материи, состоящих в том, что элементы материи будто бы могут временно прекращать свое бытие в трехмерном физическом пространстве. Это есть как раз та «бессмыслица», о которой в свое время говорил Ф. Энгельс.¹ Из того, что мы не умеем достаточно точно определить одновременно и место нахождения некоторого объекта и его скорость, отнюдь не следует, что теряет всякий смысл представление о траектории этого объекта и что он в действительности не локализован в пространстве и времени. Еще задолго до возникновения квантовой механики были известны случаи, когда по тем или иным причинам нельзя точно проследить траекторию каждого отдельного объекта, участвующего в каком-либо физическом явлении. Так, например, место нахождения некоторой данной молекулы газа в каждый момент времени и ее скорость недоступны точному наблюдению и определению. Тем не менее мы не сомневаемся в том, что данная молекула движется по некоторой определенной траектории и строго локализована в пространстве и времени. Подобным же образом физик, стоящий на материалистических позициях, не может подвергать сомнению неизменное пребывание внутриатомного электрона в пределах объективно-реальной пространственно-временной непрерывности. Точно так же не может быть и речи о том, будто бы теряет физический смысл самое представление о траектории внутриатомного электрона в связи с невозможностью точного определения этой траектории. Итак, отрицание объективно-реальной локализации внутриатомных электронов, световых и гравитационных квантов и т. п. в пространстве и времени, по существу, равносильно утверждению, что все эти предметы исследования в действительности не являются физическими реальностями, по крайней мере в течение промежутков времени между моментами, когда они внезапно порождаются в трехмерном пространстве, обнаруживаясь при соответствующем физическом эксперименте, и затем вновь уходят в небытие. Видеть в этом какие-то вновь открытые свойства материи, как это делают некоторые физики, это значит становиться на позиции чистейшего махизма и создавать себе фетиши. Идеалистический характер подобных рассуждений вполне очевиден несмотря на маскирование их под «материализм» путем оперирования термином «материя».

7. Положение VII и VIII представляют собой развитие основной мысли, содержащейся в положении III, где говорится, что «в мире нет ничего, кроме движущейся материи...»

Грандиозные успехи современной физики, в связи с некоторыми попытками антиматериалистической интерпретации результатов математического анализа физических явлений, настолько отвлекли вни-

¹ Фридрих Энгельс. «Анти-Дюринг», стр. 36.

мание исследователей природы от ряда совершенно здравых и непреложных утверждений старой, классической физики, что теперь считается чем-то весьма предосудительным говорить о пространственных перемещениях, входящих в состав таких физических процессов, в которых движение материи недоступно непосредственному наблюдению (например электромагнитное поле, магнитный поток, дифракция электронов и т. д.).¹ Нередко при этом рассмотрение подобных пространственных перемещений квалифицируется в качестве приверженности к механистической точке зрения. На этой почве возникло и продолжает возникать немало недоразумений, препятствующих правильной постановке вопроса о возможно более глубоком понимании природы физических явлений.

Положение VII констатирует, что «законы движения... материи отражает механика по отношению к медленным движениям, электромагнитическая теория — по отношению к движениям быстрым». Что касается движений, рассматриваемых в механике и обычно называемых механическими движениями, то в этом отношении не наблюдается особых поводов для антиматериалистических высказываний со стороны представителей современной физической науки. Но совершенно иначе обстоит дело в отношении вопроса о природе электромагнитных явлений.

В качестве примера идеалистических уклонов в современной физической науке можно привести отрицательное отношение к общим идеям Максвелла касательно процессов электромагнитного характера. Как известно, Максвелл в своей электродинамике, в строгом соответствии с материалистическими установками Фарадея, исходит из представления об электрокинетической энергии системы токов, как энергии, определяемой движениями особого рода, происходящими в пространстве, которое окружает проводники с током и в котором находится весь магнитный поток, связанный с данной системой токов. Максвелл показал, что эта электрокинетическая энергия есть не что иное, как именно энергия магнитного потока системы токов. Таким образом, магнитный поток, играющий принципиально важную роль при всевозможных энергетических преобразованиях в современных электротехнических устройствах и механизмах, есть физическая реальность, т. е. представляет собой особую форму движущейся материи.

Насколько большое значение придавал Максвелл идее о движущейся материи как об основном фоне физического мышления, явствует из следующих его слов, сказанных по поводу энергии тока:

«Энергия электрического тока может быть отнесена или к той форме энергии, которая определяется действительным движением материи, или к той, которая определяется способностью приходить

в движение под влиянием сил, действующих между телами, находящимися в определенных положениях одно относительно другого. Первый вид энергии, энергия движения, носит название кинетической, и, если углубиться в понимание этого вида энергии, он представляется столь фундаментальным фактом природы, что нам трудно вообразить себе возможность сведения его к чему-либо иному. Второй вид энергии, зависящий от положения, называется потенциальной энергией и обуславливается действием того, что мы называем силами, т. е. того, что имеет стремление изменять относительное положение. Что касается этих сил, то хотя мы и можем принять их существование как опытный факт, однако, всегда чувствуем, что всякое объяснение механизма, благодаря которому тела приводятся в движение, представляет собой реальный вклад в наше знание».¹

Современная физика в значительной степени отошла от вышеуказанных материалистических установок Фарадея и Максвелла и, вместо того чтобы руководствоваться ими при рассмотрении всех новейших достижений и открытий, уклонилась в сторону феноменологии и в огромном большинстве случаев довольствуется формально-математическим описанием физических явлений. Рассмотрение природы электромагнитного поля с точки зрения тех движений материи, которые в этом поле происходят, считается чем-то мало соответствующим достоинству подлинной науки.

В настоящее время обычно принято самым категорическим образом отвергать возможность того, что всякий электромагнитный процесс, вообще, и, в частности, всякий электрический или магнитный процесс обязательно включает в себе пространственные перемещения более или менее сложной формы. Но если допускать эти пространственные перемещения, мы неизбежно должны иметь в виду то, что перемещается, что движется. Придерживаясь материалистической точки зрения, мы говорим о перемещениях объемных элементов эфира, который непрерывно заполняет так называемое «пустое» пространство. Противоположная, идеалистическая установка, отрицающая объективную реальность эфира, постулирует существование абсолютно пустого пространства как чего-то самодовлеющего. С этой точки зрения, как было указано выше, электромагнитное поле не есть некоторая форма движущейся материи, а представляет собой лишь особое свойство пространства, причем делается антиматериалистическое утверждение, что подобное самодовлеющее пространство «материально». Понятно, что ни о каких пространственных перемещениях в данном случае не может быть и речи. К этой же категории идеалистических построений относится выдвинутое Эйнштейном и разделяемое некоторыми советскими учеными представление о так называемом «не-механистическом» эфире, т. е. о таком «эфире», к отдельным объемным элементам которого ни в коем случае нельзя

¹ J. C. Maxwell. «Treatise on Electricity and Magnetism». Vol. II. p. 211, § 568, 1893, third edition.

¹ В настоящем пункте автор считает целесообразным повторить многое из того, что было сказано в его статье «О механистической точке зрения в области основных физических представлений». См. Сборник «Основные физические воззрения», стр. 58—66. 1936. 2-е изд. (настоящий сборник, статья V).

применять понятие пространственного перемещения. Однако подобный мистический «эфир» является чем-то физически бессодержательным, и термин этот, понимаемый в эйнштейновском смысле, представляет собой в действительности не что иное, как лишь своеобразный синоним термина «абсолютная пустота». Ясно, конечно, что нет никакого физического смысла говорить о пространственных перемещениях объемных элементов «абсолютной пустоты»! Сторонники эйнштейновского «эфира», таким образом, отрываются от объективной действительности и уклоняются в сторону физического идеализма. Ведь электромагнитная теория отражает законы движения материи «по отношению к движениям быстрым» (положение VII).

Достоинно особого внимания следующее обстоятельство, отмеченное еще в пункте 4-м настоящей статьи. Все главнейшие успехи современной физики, по существу, тесно связаны с выяснением тех движений, тех пространственных перемещений, которые происходят в различных процессах или в различных физических комплексах, воспринимавшихся ранее как нечто неделимое и неразложимое на составные части. Так например атом обычной материи предстал теперь перед взором исследователя как целый микрокосмос, как обособленный мир, части которого находятся в непрерывном движении. Эти составные части (электроны, протоны и т. д.), казавшиеся не так еще давно какими-то предельными физическими реальностями, в свою очередь, благодаря открытию дифракции материальных лучей и успехам теоретической физики, в настоящее время представляются в качестве специфических комплексов, имеющих волновую природу. Правда, методы формально-математического описания соответствующих волновых процессов хотя и отражают действительные соотношения, однако основаны на использовании таких представлений (фазовые волны в многомерных пространствах сколь угодно большого числа измерений), которые не поддаются простой, физической интерпретации и должны быть понимаемы лишь как чисто условное, вспомогательное орудие, вполне законное при математическом анализе, но не при рассмотрении истинной природы явлений. Только весьма распространенной привычкой к ошибочной интерпретации математических абстракций можно объяснить то, что некоторые противники материалистической трактовки физических явлений утверждают, будто бы реальной причиной, обуславливающей дифракцию, например, электронов, являются фазовые волны, распространяющиеся в многомерных пространствах. Ясно, конечно, что подлинно реальной причиной дифракции электронов могут быть только волновые процессы, происходящие именно в физическом трехмерном пространстве и имеющие непосредственное отношение к природе электронов. Совершенно очевидно также, что волновые процессы, связанные с электронами, не следует примитивно понимать как упругие колебания объемных элементов эфира, по примеру справедливо отброшенных теперь представлений классической оптики, но необходимо рассматривать эти волновые процессы как имеющее периодический характер специфическое движение сложной формы, в состав которого, в конце

концов, должны входить и элементарные пространственные перемещения.

Необходимо отметить еще одно обстоятельство, очень характерное для современной борьбы на научно-философском фронте. Некоторые ученые, совершенно определенно придерживающиеся идеалистических установок, весьма решительно высказываются против признания движений материи в качестве основы всякого физического процесса якобы по тем мотивам, что механицизм есть неправильное течение научно-философской мысли. Конечно, необходима самая решительная борьба с механицизмом, но вместе с тем необходимо твердо помнить, что диалектический материализм не допускает существования какого бы то ни было физического процесса, т. е. движения в общепhilosophическом смысле, не заключающего в себе механических движений или вообще перемещений больших или мельчайших частей материи. Познать эти пространственные перемещения «является первой задачей науки, однако лишь первой» (положение VIII).

Сущность механистической точки зрения в области физических представлений состоит не в признании обязательного наличия механических движений или вообще пространственных перемещений материи во всяком физическом процессе, а в ошибочном предположении, будто бы новые качественные характеристики, которыми всегда обладает любая сложная комбинация каких-либо элементарных составляющих, могут быть разложены на простейшие свойства этих элементарных составляющих, и, в частности, в попытках сведения специфических особенностей всякого физического процесса к свойствам элементарных пространственных перемещений материи. Признание эфира, который непрерывно заполняет все наше трехмерное физическое пространство и объемные элементы которого участвуют в движении, характеризующем, например, магнитное поле, само по себе еще не является признаком механистической точки зрения. Специалист в области теоретической механики не должен быть отнесен к категории приверженцев механицизма только потому, что он занимается изучением механических движений. Нельзя в данном случае рассуждать с точки зрения филологических признаков.

Положение VIII весьма четко констатирует, что задача изучения того или иного физического процесса, т. е. движения, понимаемого в общепhilosophическом смысле, ни в коем случае не исчерпывается, как это допускают некоторые сторонники механицизма, познанием связанных с данным процессом и заключающихся в нем механических движений или вообще пространственных перемещений материи. Это есть лишь первая задача науки. «Открытие, что теплота представляет собой молекулярное движение, составило эпоху в науке. Но если я не имею ничего другого сказать о теплоте, кроме того, что она представляет собою известное перемещение молекул, то лучше мне замолчать».¹ Эти слова Энгельса являются ценным руководящим указанием, направляющим исследователя природы на путь диалек-

¹ Фридрих Энгельс. «Анти-Дюринг», стр. 249.

тического материализма. В связи с этим мы ни в коем случае не можем считать завершенной задачу изучения некоторого физического явления, когда нам удастся выяснить, какие именно элементарные физические процессы в пределе, какие именно пространственные перемещения материи имманентно входят в состав данного сложного процесса. Остается еще большая работа по изучению специфических особенностей, новых качественных характеристик обследуемой совокупности, воспринимаемой нами как некоторое физическое явление своего рода. Здесь говорится о новых качественных характеристиках в том смысле, что они не могут быть рассматриваемы в качестве простой суммы некоторых свойств, принадлежащих элементарным процессам, которые заключаются в данном сложном явлении.

Во избежание каких бы то ни было недоразумений необходимо твердо помнить, что в общепhilosophическом смысле «движение вовсе не есть простое перемещение, простое изменение места, в надмеханических областях оно является также и изменением качества. Мышление есть тоже движение». ¹ Как мы указывали выше, с диалектической точки зрения, и всякий физический процесс есть движение. Однако, повторяем еще раз, в состав любого движения обязательно входит и простое движение материи, т. е. пространственное перемещение больших или мельчайших ее частей. «Всякое движение связано с каким-нибудь перемещением — перемещением небесных тел, земных масс, молекул, атомов или частиц эфира. Чем выше форма движения, тем мельче это перемещение. Оно несколько не исчерпывает природы соответствующего движения, но оно неотделимо от него. Поэтому его приходится исследовать раньше всего остального». ²

Наиболее доступная непосредственному наблюдению форма движения материи есть так называемое механическое движение, т. е. пространственное перемещение обычной гравитационной материи. С механическим движением мы встречаемся во всех случаях, относящихся к области механики, теоретической и прикладной, в таких физических явлениях, как генерация и распространение звука, тепловое состояние вещества, вихревые образования в газах и в жидкостях и т. д. Но в случае, например, электромагнитных явлений мы имеем дело с какими-то, еще недостаточно изученными пространственными перемещениями особой материи (эфира).

Таким образом, при рассмотрении разного рода физических процессов необходимо иметь в виду, кроме обычных механических движений, еще некоторое специфическое движение, которое можно назвать электромагнитным движением материи. В связи с достижениями современной физической науки все более и более вскрывается электромагнитная природа мельчайших составных частей обычного вещества, т. е. гравитационной материи. Не исключена возможность, что при дальнейшем развитии науки вся гравитационная материя с ее наиболее характерным свойством — массой — предстанет

перед взором физика как весьма сложный комплекс элементарных процессов электромагнитного характера. Возможно также, что в будущем и электромагнитная интерпретация явлений природы претерпит ту или иную метаморфозу. Диалектический материализм не видит предела в развитии наших представлений о природе, непрерывно приближающихся по мере углубления наших знаний ко все большему и большему соответствию с тем, что происходит в действительности. При этом ни в коей степени не отрицается объективная реальность наиболее высоких форм проявления движущейся материи. «Это, конечно, сплошной вздор, будто материализм утверждал «меньшую» реальность сознания или обязательно «механическую», а не электромагнитную, не какую-нибудь еще неизмеримо более сложную картину мира, как движущаяся материя». ¹

8. Проблема причинности занимает в современной физике одно из главных мест. Разногласия по этому поводу в высокой степени выпукло отражают длящуюся на всем протяжении истории естествознания и философии борьбу двух мировоззрений — материалистического и идеалистического. В. И. Ленин на страницах своей книги «Материализм и эмпириокритицизм» подверг беспощадной критике неправильные установки по вопросу о причинности. Касаясь материалистического характера взглядов Л. Фейербаха, В. И. Ленин говорит:

«Итак, Фейербах признает объективную закономерность в природе, объективную причинность, отражаемую лишь приблизительно верно человеческими представлениями о порядке, законе и проч. Признание объективной закономерности природы находится у Фейербаха в неразрывной связи с признанием объективной реальности внешнего мира, предметов, тел, вещей, отражаемых нашим сознанием. Взгляды Фейербаха — последовательно материалистические. И всякие иные взгляды, вернее, иную философскую линию в вопросе о причинности, отрицание объективной закономерности, причинности, необходимости в природе, Фейербах справедливо относит к направлению фидеизма. Ибо ясно, в самом деле, что субъективистская линия в вопросе о причинности, выведение порядка и необходимости природы не из внешнего объективного мира, а из сознания, из разума, из логики и т. п. не только отрывает человеческий разум от природы, не только противопоставляет первый второй, но делает природу частью разума, вместо того, чтобы разум считать частичкой природы. Субъективистская линия в вопросе о причинности есть философский идеализм (к разновидностям которого относятся теории причинности у Юма и Канта), т. е. более или менее ослабленный, разжиженный фидеизм. Признание объективной закономерности природы и приблизительно верного отражения этой закономерности в голове человека есть материализм». ²

Положение IX представляет собой констатацию вышеуказанной

¹ Фридрих Энгельс. «Анти-Дюринг», стр. 249.

² Ф. Энгельс. «Диалектика природы», стр. 130. Партиздат. 1933.

¹ Ленин. Соч., т. XIII, стр. 229.

² Там же, стр. 127.

основной материалистической установки, причем приведенные в этом положении слова В. И. Ленина сказаны им в качестве характеристики взглядов Энгельса по рассматриваемому вопросу.

Такие понятия, как причина и следствие, служат для описания соподчиненности некоторых двух событий, вообще говоря, следующих одно за другим во времени и лишь иногда кажущихся нам одновременными. При этом «человеческое понятие причины и следствия всегда несколько упрощает объективную связь явлений природы, лишь приблизительно отражая ее, искусственно изолируя те или иные стороны одного единого мирового процесса».¹ Таким образом, соотношение причины со следствием, т. е. так называемая причинная связь, с материалистической точки зрения, не есть простой продукт деятельности нашего сознания, но является отображением в нашем сознании объективно-реальных и закономерных связей между вещами и событиями во внешнем мире. «Мы видим далее, что причина и следствие суть понятия, имеющие значение лишь в применении к отдельному явлению, но что если рассматривать то же явление в его общей мировой связи, то эти два понятия соединяются и переходят в представление о всеобщем взаимодействии, в котором причина и следствие постоянно меняются местами, и то, что теперь или здесь является следствием, то станет там или тогда причиной и наоборот».²

Одним из наиболее ярких доказательств того, что в общем ходе явлений природы все вещи и события действительно связаны между собой закономерными соотношениями, служит широкое и плодотворное применение математического анализа при рассмотрении физических явлений, т. е. основных явлений природы. Математика не есть область знания, стоящая независимо от внешнего мира. Математика, несомненно, отражает в себе свойства и взаимные связи разнообразных физических реальностей, так как она развилась из всестороннего опытного изучения вещей и явлений, объективно-реально существующих вне нашего сознания. Отбрасывая все второстепенное и абстрагируя основные закономерные соотношения между вещами и явлениями внешнего мира, математика пришла к представлению о функциональной зависимости, о функциях. Главное содержание высших отделов математики составляет именно учение о функциях. Таким образом, математический язык есть, вообще говоря, абстрагированный до последней степени способ описания закономерных процессов, происходящих в природе. Понятно поэтому, что математический анализ, трактующий различные функциональные зависимости в самой обобщенной форме, оказывается столь ценным при рассмотрении физических явлений. Ведь этот математический язык действительно соответствует функциональным соотношениям между вещами и явлениями природы, т. е. соответствует причинным связям и закономерностям внешнего мира.

¹ Ленин, Соч., т. XIII, стр. 128.

² Фридрих Энгельс. «Анти-Дюринг», стр. 15.

Необходимо, однако, иметь в виду, что при математическом обобщении и абстрагировании закономерностей, наблюдаемых в природе, нередко допускается разного рода экстраполирование, которое при всей его формальной безупречности может уводить нас за пределы физической пространственно-временной непрерывности и породить представления, не имеющие прямого отношения к реальному миру физических явлений. На этой почве иногда возникают уклоны в сторону физического идеализма, связанные с приписыванием природе воображаемых свойств, например, бытия в многомерных пространствах. В других случаях подобное же приписывание природе воображаемых свойств основывается на идеалистической интерпретации совершенно правильных результатов математического анализа данных физического эксперимента, как это имеет место, например, в случае ошибочной трактовки соотношения неопределенности, которое якобы заставляет допустить существование мистических «вновь открытых свойств материи» (см. пункт 6-й настоящей статьи).

В непосредственной связи с этими «вновь открытыми свойствами материи» стоят попытки отрицания причинных связей в некоторых явлениях атомного масштаба. Исследователь-физик настолько прочно стоит на позициях интуитивного признания полного соответствия между объективной закономерностью событий, происходящих во внешнем мире, и методами математического их описания, что, сталкиваясь с неопределенностью при математической трактовке микрофизических явлений, иногда делает неправильное заключение, склоняющееся к отрицанию причинных связей в явлениях этого рода. Сущность возникающей в подобных случаях ошибки в отношении изучаемой закономерности состоит в игнорировании «относительного характера наших, т. е. человеческих, приблизительных отражений этой закономерности в тех или иных понятиях» (см. положение IX). Ясно, следовательно, что с материалистической точки зрения соотношение неопределенности надо понимать не как повод к отрицанию закона причинности при рассмотрении движений отдельного микрофизического объекта (например электрона), а как простое указание на то, что в некоторых предельных случаях математический анализ данных опыта еще не в достаточной степени отражает закономерное протекание того или иного процесса. Однако неопределенность в математическом описании отдельных событий атомного масштаба, протескающих, конечно, столь же закономерно, как и явления макрокосмические, компенсируется значительно большей определенностью достигаемой методами статистической физики, которые приводят к менее искаженному отражению в нашем сознании общего хода явлений, происходящих во внешнем мире. Итак, нет решительно никаких оснований к отрицанию принципа причинности в отношении явлений микрокосмического порядка и к приписыванию электронам какой-то «свободной воли», как это делалось и делается некоторыми физиками, придерживающимися идеалистических установок. Статистические закономерности, каковыми являются многие законы, формулированные физической наукой, так относятся к элементарным

причинным связям, которым подчиняются отдельные события (безразлично, в макром мире или в микромире), как новые качественные характеристики всякой совокупности вообще относятся к элементарным свойствам отдельных слагаемых. При этом одно несомненно, а именно, что в объективно-реальном мире могут иметь место только такие события, каждое из которых находится в той или иной причинной зависимости от других событий. «Идея, будто познание может «создавать» всеобщие формы, заменять первичный хаос порядком и т. п., есть идея идеалистической философии. Мир есть закономерное движение материи, и наше познание, будучи, высшим продуктом природы, в состоянии только отражать эту закономерность».¹

С проблемой причинности находится в тесной связи проблема случайности и необходимости. В этом отношении до настоящего времени существует немало недоразумений, отчасти основанных на недостаточной договоренности по поводу того, что именно мы называем случайностью. Здесь надлежит прежде всего констатировать, что, с материалистической точки зрения, является чистым абсурдом представление об абсолютной случайности, понимаемой как событие, абсолютно не подчиненное какой бы то ни было причинной связи с другими событиями, среди которых оно возникает. Речь может идти только об относительной случайности, представляющей собой событие, которое неизбежно возникает как результат некоторого ограниченного комплекса причинных связей, когда эти причинные связи удовлетворяют надлежащим пространственно-временным условиям.²

Всякое событие мы должны рассматривать в его общей мировой связи и как одно из звеньев всеобщего взаимодействия. Следовательно, и событие, называемое относительной случайностью, вообще говоря, должно быть рассматриваемо как необходимое на фоне всеобщей закономерности явлений природы. Остановимся, например, на случае падения метеора в данном месте земной поверхности. Для того чтобы рассматриваемое случайное событие произошло, т. е. для того, чтобы метеор упал именно в данном месте земной поверхности, требуется осуществление целого ряда обстоятельств. Земля должна встретиться в космическом пространстве с роем метеорной пыли. В то же время земля, вращающаяся вокруг своей оси, должна занимать определенное положение по отношению к направлению вектора скорости той составной части метеорного роя, которая, вступив в область земной атмосферы, в конце концов упадет в данном месте. Начальная масса метеора должна быть достаточно велика и т. д. и т. д. При наличии всех этих условий падение метеора в данном месте земной поверхности оказывается совершенно необходимым событием. Иными словами, относительная случайность необходима. Таким образом, нельзя разделять все со-

¹ Ленин, Соч., т. XIII, стр. 138.

² См. акад. В. Ф. Миткевич. Сборник «Основные физические воззрения», стр. 57. 1936. 2-е изд. (настоящий сборник, статья IV).

бытия на две резко обособленные категории: случайное и необходимое. Обе эти категории внутренне едины.

Касаясь метафизического противоположения случайности и необходимости, с одной стороны, и механического детерминизма, вообще отрицающего случайность, с другой стороны, Ф. Энгельс, между прочим, говорит:

«В противовес обоим этим взглядам выступает Гегель с неслыханными до того утверждениями, что случайное имеет основание, ибо оно случайно, но точно так же не имеет никакого основания, ибо оно случайно; что случайное необходимо, что необходимость сама определяет себя как случайность и что, с другой стороны, эта случайность есть скорее абсолютная необходимость (Logik, книга II, отдел: Действительность). Естествознание предпочло игнорировать эти положения как парадоксальную игру слов, как противоречащую себе самой бессмыслицу, заблывая теоретически в бессодержательности вольфовской метафизики, согласно которой нечто либо случайно, либо необходимо, но ни в коем случае ни то, ни другое одновременно, или в столь же бессодержательном механическом детерминизме, который на словах отрицает случайность в общем, чтобы на практике признать ее в каждом отдельном случае».¹

Само собой разумеется, что Ф. Энгельс имеет в виду не абсолютную случайность, а именно относительную случайность.

Применительно к рассмотрению проблемы случайного и необходимого все возможные причинные связи можно разбить на две категории: причинные связи безусловные и причинные связи условные.

Безусловная причинная связь между двумя событиями или обстоятельствами А и В характеризуется тем, что возникновение А всегда и неизбежно влечет за собой возникновение В, причём в данном случае А является безусловной причиной, а В — безусловным следствием. Так, например, безусловную причинную связь характеризует соотношение между двумя событиями или обстоятельствами в следующих случаях:

а) Протекание через раствор медного купороса некоторого количества электричества (причина А) и выделение на катоде соответствующего количества меди (следствие В).

б) Прерывание цепи постоянного электрического тока (причина А) и прекращение тока (следствие В).

в) Разрыв нити, на которой висит камень (причина А) и падение камня (следствие В).

г) Адиабатическое сжатие газа (причина А) и повышение температуры газа (следствие В).

д) Столкновение двух молекул газа (причина А) и изменение скоростей движения данных молекул (следствие В).

В рассмотренных примерах вероятность события В при наличии события А равна 100%. Именно этой стопроцентной вероятностью

¹ Ф. Энгельс. «Диалектика природы», стр. 109.

некоторого события определяется его квалификация в качестве события необходимого.

Условная причинная связь между двумя событиями или обстоятельствами А и Б характеризуется тем, что возникновение А только тогда сопровождается возникновением Б, когда имеются в наличии и другие события или обстоятельства, притом удовлетворяющие надлежащим пространственно-временным условиям. В рассматриваемой обстановке А является условной причиной, а Б — условным следствием.

Ввиду того, что в природе не существует абсолютно изолированных систем физических реальностей, но все мироздание представляет собой единое целое, части которого прямо или косвенно взаимно связаны между собой, мы весьма часто встречаемся именно с условными причинными связями. Так как рассматриваемые обстоятельства, причина А и следствие Б, всегда входят в состав более или менее сложного комплекса обстоятельств, вообще говоря, взаимно влияющих одно на другое, то, по существу, речь может идти только о степени вероятности следствия Б при наличии данной причины А. В этом смысле безусловная причинная связь является тем предельным случаем условных связей, который характеризуется вероятностью следствия Б, равной 100%, как это было указано выше.

В качестве примеров более или менее резко выраженной условности причинных связей можно указать на следующие:

а) Возможность наблюдения солнечного затмения в некотором, наперед заданном месте является следствием (Б) надлежащего относительного расположения данной точки земной поверхности, Солнца и Луны (причина А), при условии, однако, если в течение соответствующего промежутка времени погода достаточно благоприятна, т. е. если отсутствует облачность.

б) Камень падает с горы (следствие Б) под влиянием земного поля тяготения (причина А), но это может случиться только тогда, когда что-либо нарушает устойчивое равновесие камня вверху горы. В этом отношении возможны самые разнообразные дополнительные причины, как например откалывание камня от отвесной скалы под влиянием атмосферных условий, импульс со стороны другого падающего камня, землетрясение и т. п.

в) В данном месте прорастает некоторое растение, например одуванчик (следствие Б), но для этого здесь должно упасть на поверхность почвы семя одуванчика (причина А). Однако все это может произойти только при условии, если ветер принесет в данное место семя одуванчика, отделившееся от материнского растения, иногда очень отдаленного. Это в свою очередь обусловлено наличием ветра надлежащего направления и силы. Кроме того необходимо, чтобы такой ветер дул как раз во время созревания семени и отделения его от материнского растения.

г) Некоторая газовая молекула после соударения (причина А) с другой молекулой приобретает определенную наперед заданную скорость (следствие Б). Для того чтобы это случилось, должен иметь

место ряд дополнительных обстоятельств. Начальные скорости обеих молекул не могут быть какие угодно, а должны удовлетворять надлежащим условиям. В соответствии с начальными скоростями молекул их угол встречи должен быть тот или иной. Наконец, молекулы должны двигаться именно так, чтобы встретились, т. е. чтобы могли оказаться в один и тот же момент времени в месте пересечения их траекторий. Все указанные дополнительные обстоятельства в свою очередь необходимо определяются предшествовавшими столкновениями обеих данных молекул с другими молекулами и т. д. и т. д.

В вышерассмотренных примерах условных причинных связей событие Б происходит не всякий раз, когда возникает событие А, но только в некоторых случаях, в зависимости от наличия других событий или обстоятельств. Степень соподчиненности следствия Б причине А определяется вероятностью события Б при данной общей обстановке. Условность причинной связи выражается именно в том, что эта вероятность всегда меньше 100%. Событие или обстоятельство, вероятность которого при данной обстановке меньше 100%, мы и называем случайностью.

Как мы указывали выше, ввиду внутреннего единства всего мироздания в целом, конечно, не может быть и речи об абсолютной случайности, т. е. о событии, абсолютно не подчиненном какой бы то ни было причинной связи с другими событиями, среди которых оно возникает. Случайность же относительная, обычно называемая просто случайностью, представляет собой не что иное, как событие, подчиненное условной причиной связи с другими событиями.

Рассматривая некоторое событие как случайность, характеризуемую известной степенью вероятности (меньшей 100%), мы всегда должны иметь в виду более или менее сложный, но все же ограниченный комплекс обстоятельств, играющих роль общей обстановки, в которой возникает данное событие или явление природы. В области ограниченного комплекса обстоятельств случайность тех или иных событий есть нечто объективно-реальное. В то же время каждое случайное в указанном смысле событие, при надлежащей общей обстановке, необходимо возникает в качестве звена безусловной причинной связи с каким-то определенным предшествующим событием (вероятность 100%). Так, молекула газа, двигающаяся с некоторой скоростью, обязательно приобретает новую, наперед заданную скорость после соударения с другой молекулой, надлежащим образом двигающейся. Такая случайность, как отсутствие солнечной погоды, есть безусловное следствие облачности и т. д. Вместе с тем безусловная необходимость всякого события вытекает и из общей закономерности того, что совершается в природе и что в каждом частном случае вполне определяется бесконечной совокупностью разнообразных причинных зависимостей. Иными словами, всякая случайность необходима.

Однако в некотором определенном и четко ограниченном комплексе обстоятельств данное событие является лишь более или менее

вероятным, т. е. случайным. Та или иная погода в данный момент, конечно, представляет собой необходимый результат бесконечной совокупности предшествовавших обстоятельств, влиявших на атмосферные условия на земном шаре. Но в ограниченном комплексе атмосферных условий, имевших место, например, в Европе в течение ряда дней, солнечная погода в Москве в один из этих дней есть лишь относительная случайность, характеризуемая соответствующей вероятностью. Вообще всякое событие, обычно понимаемое нами как совершенно необходимое, на фоне ограниченного и в то же время достаточно сложного комплекса обстоятельств должно быть рассматриваемо как относительная случайность.

Итак, всякое событие и необходимо и случайно. Оно необходимо, во-первых, как часть минимально ограниченного комплекса событий (безусловная причина и безусловное следствие), и, во-вторых, как часть бесконечного комплекса событий, закономерно совершающихся в природе и взаимно связанных между собою. Оно случайно как часть некоторого более или менее сложного, но определенно ограниченного комплекса событий. В этом заключается смысл парадоксального на первый взгляд утверждения, что случайное необходимо, а необходимое случайно.

Количественное различие вероятностей случайного и необходимого (меньше 100% и 100%) не есть нечто воображаемое, а представляет собой действительное различие специфических характеристик событий и обстоятельств в зависимости от их сочетаний и совокупностей. Все это является основанием для того, чтобы признать качественное различие случайного и необходимого. Таким образом, понятия случайного и необходимого отображают в себе объективно-реальные соотношения между вещами и явлениями природы.

Неполноценность механического принципа причинности, ошибочно понимаемого иногда в качестве якобы всеобъемлющей и исчерпывающей формулировки закономерностей, которым подчиняются явления природы, заключается именно в игнорировании качественных сторон этих закономерностей и в отрицании всякой случайности вообще.

Представление о пространственных перемещениях разного рода физических реальностей (или их частей) как основе какого бы то ни было явления природы и, в частности, развитие этой идеи применительно к наиболее изученным механическим движениям, т. е. перемещениям гравитационной материи, привело к такому представлению о явлениях природы, согласно которому достаточно знать начальные условия движения какой-либо системы, чтобы можно было определить движение этой системы в дальнейшем. В целом ряде случаев, между прочим в области движения небесных тел, были достигнуты блестящие результаты на базе механического принципа причинности, и это служило подтверждением таких совершенно верных положений механического материализма, как необходимость всего совершающегося в природе или обусловленная ею невозможность абсолютной случайности в явлениях природы. Вместе с тем, однако,

недостаточность механического принципа причинности в приложении к всестороннему рассмотрению процессов, протекающих во внешнем мире, обнаружилась в отрицании даже относительной случайности, а также в ряде затруднений, с которыми наука столкнулась при описании более сложных явлений, например явлений электромагнитного характера, в особенности микрофизических явлений.

Более высокую степень в понимании общей закономерности всего происходящего в природе представляет диалектико-материалистическая трактовка принципа причинности. С этой точки зрения, в бесконечном разнообразии взаимодействий между событиями и обстоятельствами имеют место и причинные связи, качественно отличающиеся от чисто механических причинных связей. Сказанное полностью относится, между прочим, к области электромагнитных явлений. Всеобщий принцип причинности охватывает собой не только закономерности, которым подчиняются механические движения, но и специфические закономерности, характеризующие различные немеханические области явлений природы (электромагнитизм, оптика, термодинамические процессы, внутриатомные явления и т. д.).

Из всего вышесказанного с очевидностью вытекает, что всеобщий принцип причинности не отвергает механического принципа причинности, а заключает его в себе. Оба они находятся, таким образом, в теснейшей связи друг с другом. В этом отношении имеется полное соответствие с утверждением, что всякий физический процесс «заключает в себе механическое движение и перемещение больших или мельчайших частей материи» (см. положение VIII), а также может быть проведена аналогия с тем, что признание специфических качеств всякой физической реальности не находится в противоречии с основным положением, согласно которому она «представляет собою некоторую форму движущейся материи» (см. положение V).

Итак, всеобщий принцип причинности качественно отличается от механического принципа причинности. Всякое уклонение от диалектического понимания принципа причинности ведет нас к механицизму.

9. Положение X содержит формулировку закона сохранения энергии. Характеризуя собой объективно-реальную активность, вечно присущую движущейся материи, энергия с количественной стороны является мерой этой активности. Подобно тому, как материя не мыслима без движения, точно так же была бы ошибочна мысль, «будто «энергия» есть нечто внешнее для материи, нечто привитое ей». ¹ Таким образом, идея об энергии самой по себе, не связанной с материей, столь же абсурдна, как и идея о движении, не ассоциируемом с тем, что движется. Представления об энергии, движении и материи внутренне, теснейшим образом связаны между собой и неотделимы одно от другого. Попытки рассматривать энергию в качестве самостоятельной сущности, лежащей в основе всего совершающегося в природе, ведут к антиматериалистическим установкам.

Формы движения и соответственно этому виды энергии, с кото-

¹ Ф. Энгельс. «Диалектика природы», стр. 138.

рыми мы встречаемся в физических явлениях, бывают весьма разнообразны. В природе мы везде имеем дело с превращениями одной формы движения в другую, одного вида энергии в другой. С такого рода превращениями связано понятие работы в общезначимом смысле, так как «работа это — изменение формы движения, рассматриваемое с его количественной стороны».¹

«Превращение энергии рассматривается естествознанием, как объективный процесс, независимый от сознания человека и от опыта человечества, т. е. рассматривается материалистически».² При этом существенно то, что энергия никогда не исчезает, не превращается в ничто и никогда не возникает из ничего. Она может только переходить из одного вида в другой, в строго эквивалентных соотношениях, или пространственно перемещаться в связи с передачей движения из одного места в другое, чему обычно сопутствуют и различные преобразования форм этого движения. Таково содержание закона сохранения энергии.

Как известно, очень многие законы физики относительны и, будучи в ряде случаев выражением статистических закономерностей природы, представляют собой лишь приблизительно верное отображение в голове человека реальных соотношений между вещами и событиями. Совершенно особенное положение занимает закон сохранения энергии, который является основным положением, характеризующим количественную сторону важнейших закономерностей в природе. Ф. Энгельс следующим образом формулировал этот закон: «Любая форма движения, оказывается, способна и должна превращаться в любую иную форму движения». При этом он добавляет: «В этой форме закон достиг своего последнего выражения. Благодаря новым открытиям мы можем найти новые доказательства его, придать ему новое, более богатое содержание. Но к самому закону, как он здесь выражен, мы не можем прибавить более ничего. В своей всеобщности, в которой одинаково всеобща форма и содержание, он неспособен к дальнейшему расширению: он — абсолютный закон природы».³

Итак, закон сохранения энергии, бывший предметом подчас интуитивных исканий на всем протяжении истории физической науки и осознанный, конечно, лишь в результате обобщения огромного количества опытных данных, должен рассматриваться как утверждение, беспредельно приближающееся к действительному содержанию того, что совершается в природе.

Соотношение эквивалентности массы и энергии (закрывающее в себе квадрат скорости некоторого движения) является весьма важным достижением современной физики и обогатило закон сохранения энергии новым содержанием. В связи с этим в положении X сделано соответствующее дополнение. Самый закон стал, таким образом, еще более всеохватывающим и приобрел еще больший смысл в качестве

¹ Ф. Энгельс. «Диалектика природы», стр. 151.

² Ленин. Соч., т. XIII, стр. 222.

³ Ф. Энгельс. «Диалектика природы», стр. 102.

основного закона природы, выражающего собою принципиальную закономерность исключительного значения.

В последнее время рассмотрение микрофизических явлений дало повод некоторым ученым, как за границей, так и в СССР, утверждать, будто бы закон сохранения энергии верен лишь статистически, подобно многим иным законам физики. Высказывалось предположение, что этот закон теряет свою силу в применении к индивидуальным событиям атомного масштаба. Эти уклоны в сторону физического идеализма внутренне связаны с ошибочным толкованием соотношения неопределенности и с утверждением ряда физиков, будто бы в области микрофизических явлений открыты новые свойства материи, заключающиеся в том, что ее элементы могут на время исчезать из трехмерного физического пространства. Правда, новейшие исследования достаточно убедительно показали, что закон сохранения энергии остается справедливым и в явлениях атомного масштаба. Однако всеобщее признание этого закона делается безусловно необходимым фоном физического мышления тогда и только тогда, когда основные установки материалистического миропонимания станут полностью и безоговорочно разделяться представителями физической науки.

10. Остановимся на внутренней связи положений IX и X, выражающих принцип причинности и закон сохранения энергии. По существу, закономерность в области энергетических соотношений между вещами и событиями в природе представляет собой лишь важнейший случай в ряду разнообразных закономерностей, характеризующих единство мироздания и обобщаемых нашим сознанием в формулировке всеобщего принципа причинности.

Все явления природы, вообще говоря, сопровождаются процессами обмена энергии и превращения ее из одного вида в другой. Не существует таких явлений природы, которые не были бы как-либо связаны с энергетическими процессами. При этом энергия в том или ином виде претерпевает пространственные перемещения и перераспределения, переходя из одних частей пространства в другие либо вместе с соответствующими физическими реальностями, играющими роль носителей энергии, либо путем иных форм энергетического обмена между различными физическими реальностями. Причинные связи, с которыми мы всегда и неизменно встречаемся в области физических явлений, не могут быть изучаемы при полном игнорировании энергетической стороны этих связей. Наоборот, только принимая во внимание степень и форму участия энергетических процессов в самом осуществлении причинных зависимостей в области физических явлений, мы можем, вообще говоря, углубиться при рассмотрении объективного содержания понятий «причина» и «следствие» применительно к этим явлениям.

Можно утверждать, что всегда существует закономерное энергетическое соотношение между событием-причиной и событием-следствием. При этом в ряде случаев физический процесс, рассматриваемый как событие-следствие, происходит полностью за счет энергии,

притекающей из той части пространства, где имеет место событие-причина. Так например тепловые процессы на солнце являются причиной многих физических процессов на земле, происходящих вследствие поглощения ее атмосферой и поверхностью лучистой энергии солнца. Внешняя работа расширяющегося газа совершается вследствие того, что этот газ обладает внутренним запасом энергии, причем величина внешней работы в точности равна убыли данного запаса энергии. Разного рода приемники электрической энергии (электродвигатели, источники света, нагревательные устройства) функционируют по причине того, что на электрической станции генерируется электрическая энергия, в которую преобразуется работа первичных механических двигателей (паровых или гидравлических) и т. п. В других случаях событие-причина играет роль своего рода спускового механизма, действие которого обуславливает возникновение события-следствия. При этом хотя возникающие вследствие некоторой причины физические процессы протекают, с точки зрения энергетической, совершенно самостоятельно и независимо от какого-либо притока энергии из того места, где произошло событие-причина, однако для надлежащей эффективности некоторого события-причины всегда оказывается необходимым, чтобы количество энергии, которое расходуется для приведения в действие «спускового механизма», было в данных условиях не меньше какого-либо определенного предела. Так обстоит дело в случае спуска курка у заряженного ружья, в случае элементарного фотоэффекта, когда от атома вещества отщепляется электрон под влиянием импульса со стороны достаточного по интенсивности кванта лучистой энергии, в случае ионизации газа коллизией и т. п.

Во всяком случае, каковы бы ни были те или иные причинные связи как в смысле природы рассматриваемых физических явлений, так и в отношении общей обстановки, при которой эти явления происходят, осуществление этих причинных зависимостей всегда бывает внутренне связано с выполнением соответствующих условий энергетического характера.

Итак, принцип причинности и закон сохранения энергии по своей сущности тесно переплетаются друг с другом и выражают собой единую всеобщую закономерность всего того, что совершается в природе. Отделять их один от другого, как это иногда теперь делается представителями физической науки, утверждать, например, что в области микрофизических явлений эти два основных положения могут не соблюдаться одновременно, — это значит совершать большую ошибку в отношении основных установок материализма. Нельзя, признавая справедливость закона сохранения энергии в отдельных событиях атомного масштаба, допускать в отношении этих событий какие-либо изъятия из всеобщего принципа причинности. Поступать так, значит вступать на путь физического идеализма.

11. Всякого рода причинные связи, о которых мы говорили выше, обнаруживаются в бесконечном разнообразии явлений природы при взаимодействии физических реальностей, участвующих в этих яв-

ниях. Любое простейшее явление природы не может протекать иначе, как в форме взаимодействия минимум двух физических реальностей. Вопрос о том, как именно и при соблюдении каких именно главных условий возможно осуществление подобных взаимодействий, играет важную роль в смысле образования наших основных физических представлений. Дело в том, что правильное с материалистической точки зрения решение указанного вопроса требует с нашей стороны совершенно четкого и определенного отношения к рассмотренным выше десяти положениям вообще. При рассмотрении вопроса о необходимых условиях и способах осуществления всякого физического взаимодействия внимание фиксируется на всех основных моментах нашего мирозерцания. Особенное значение имеют наши принципиальные установки, касающиеся трехмерного физического пространства, принципа причинности и закона сохранения энергии (положение IV, IX и X).

Как уже было отмечено выше (пункт 8-й настоящей статьи), всеобщий принцип причинности охватывает собой и механический принцип причинности. В связи с этим никакая физическая реальность не может испытывать каких бы то ни было влияний извне иначе, как по причине непосредственных элементарных воздействий на нее со стороны тех частей вечно движущейся материи, которые вступают в прямой контакт с этой физической реальностью. С материалистической точки зрения, взаимодействие каких-либо двух физических реальностей, находящихся на произвольном расстоянии одна от другой, сколь угодно большом или сколь угодно малом, может осуществляться только по причине последовательного распространения элементарных воздействий от одной части движущейся материи к другой сквозь трехмерное пространство, в котором находятся рассматриваемые физические реальности, или же по причине соответствующего пространственного перемещения некоторой третьей физической реальности, которая играет роль посредника в отношении переноса энергии и количества движения от одной из взаимодействующих физических реальностей к другой. Предположение, будто в явлениях природы взаимодействия могут осуществляться каким-либо иным способом, выводит нас за пределы трехмерного физического пространства и повергает в область мистики.¹

В целом ряде случаев взаимодействия физических реальностей мы знаем только реальный факт этого взаимодействия, но еще недостаточно осведомлены о том, как именно и через что передается рассматриваемое действие. В таких случаях, при общем описании явлений природы и при их математическом анализе, мы обычно вводим понятие о «силе», имея в виду интегральное действие неизвестных или трудно учитываемых причин. При этом мы оставляем в стороне вопрос об исчерпывающем описании обстановки, в которой совершается то или иное взаимодействие, и о самом механизме этого

¹ См. акад. В. Ф. Миткевич. Сборник «Основные физические воззрения», стр. 48—51. 1936. 2-е изд. (настоящий сборник, статья III).

взаимодействия. По этому поводу поучительно привести следующие слова Ф. Энгельса:

«Представление о силе заимствовано, как это признается всеми (начиная от Гегеля и кончая Гельмгольцем), из проявлений деятельности человеческого организма по отношению к окружающей его среде. Мы говорим о мускульной силе, о поднимающей силе рук, о прыгательной силе ног, о пищеварительной силе желудка и кишечного тракта, о силе ощущения нервов, о секреторной силе желез и т. д. Иными словами, чтобы избавиться от необходимости указать реальную причину, изменения, вызванного какой-нибудь функцией нашего организма, мы сочиняем некоторую фиктивную причину, соответствующую этому изменению, и называем ее силой. Мы переносим затем этот удобный метод и во внешний мир и таким образом сочиняем столько же сил, сколько существует различных явлений».¹

Само собой разумеется, что рассмотренный выше, единственно возможный способ осуществления физических взаимодействий решительно отвергает мысль о каких-либо мгновенных взаимодействиях между удаленными одна от другой физическими реальностями и допускает только такие «действия на расстоянии», которые распространяются с некоторой конечной скоростью. Все это полностью соответствует тому, что дает нам опыт в отношении реальных физических процессов. Вместе с тем опыт показывает, что энергетический обмен между взаимодействующими физическими реальностями всегда совершается в пределах объективно-реального трехмерного пространства, как это и следует из рассмотренной общей схемы всякого физического взаимодействия.

Таким образом, вопрос об основных условиях, при которых могут осуществляться какие бы то ни было физические взаимодействия, тесно связан с целым комплексом наших принципиальных представлений о природе. Та или иная точка зрения по указанному вопросу полностью выявляет наши научно-философские установки и предопределяет общий фон физического мышления (материалистический или идеалистический). Именно поэтому представители физической науки, уклоняющиеся в сторону идеализма, систематически возражают против самой постановки данного вопроса и делают попытки отрицать в нем какой-либо физический смысл. Именно поэтому такой весьма актуальный до настоящего времени вопрос с успехом может занять центральное место в борьбе против идеалистических установок в области физической науки. Ведь он, по существу, затрагивает все основные позиции материалистического миропонимания и в то же время касается совершенно конкретного момента, имеющего принципиальное значение для всех физических явлений.²

¹ Ф. Энгельс. «Диалектика природы», стр. 138.

² Ведя в течение ряда лет непрерывную борьбу против идеалистических установок в физике, автор настоящей статьи считал весьма целесообразным сформулировать специальный вопрос, касающийся взаимодействия двух физических реальностей или, вообще говоря, двух физических систем. Вопросу этому придана самая общая форма, для того чтобы не дать повода уклоняться от пря-

12. «Современная физика лежит в родах. Она рождает диалектический материализм. Роды болезненные».¹ Так образно выразился В. И. Ленин в 1908 году. К сожалению, приходится констатировать, что эти болезненные роды затянулись до наших дней. Хотя установки диалектического материализма приобретают все больше и больше сторонников среди физиков как в СССР, так и за границей, однако волна идеализма, поднимавшаяся за последние годы, требует еще преодоления, для того, чтобы процесс рождения новой физики, прочно стоящей на базе единственно правильного мирозерцания, можно было считать в общем закончившимся. На представителях советской физической науки лежит ответственная обязанность быть в передовых рядах в борьбе за диалектический материализм, в борьбе против фетишизма и идеалистических уклонов.

«Наука потому и называется наукой, что она не признает фетишей, не боится поднять руку на отживающее, старое и чутко прислушивается к голосу опыта, практики».² Эти руководящие слова И. В. Сталина должны служить маяком для тех, кто стремится вперед по пути познания природы, по пути научного творчества. Только строгий анализ наших основных физических воззрений, только беспощадное изобличение ложных установок, не могущих соответствовать объективно-реальному содержанию внешнего мира, позволят науке отбросить ряд фетишей, которые засоряют физическое мышление. И этого можно будет достигнуть только при чутком отношении «к голосу опыта, практики». Иными словами, в процессе переоценки наших представлений о природе мы должны отчетливо осознавать исключительное значение тех указаний, которые нам дает непосредственный контакт с практическими приложениями достижений физической науки, и на каждом шагу внимательно проверять степень соответствия наших принципиальных физических установок с тем, что является самым существенным в функционировании того или иного чисто технического устройства. Связь науки с техникой, отображаемая в нашем сознании как внутреннее единство теории и практики, — вот что всегда оплодотворяет эти две стороны деятельности человека и что в конце концов, несомненно, приведет к полному торжеству диалектического материализма в области физического мышления.

мого и четкого ответа путем всякого рода рассуждений о деталях, имеющих в известном смысле второстепенное значение (см. статьи II, III, VIII, XII, XV, XVI, XVII, XIX и XX настоящего сборника). Автор дал исчерпывающее доказательство правильности и законности постановки подобного вопроса, заостряющего внимание на весьма существенных сторонах нашего мирозерцания и прямо или косвенно затрагивающего все положения I-X. Это не есть случайный вопрос. Постановка его заставляет нас внимательно и всесторонне проанализировать весь комплекс основных физических воззрений.

¹ Ленин. Соч., т. XIII, стр. 256.

² И. В. Сталин. Речь на Первом всесоюзном совещании стахановцев, стр. 22.

VII

ЗНАЧЕНИЕ КНИГИ ЛЕНИНА «МАТЕРИАЛИЗМ И ЭМПИРИОКРИТИЦИЗМ» В СОВРЕМЕННОЙ БОРЬБЕ С ИДЕАЛИЗМОМ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ¹

30 лет тому назад в своей гениальной книге «Материализм и эмпириокритицизм» Ленин следующими словами резюмировал все сказанное им по поводу тяжелого положения, создавшегося в науке о природе при освоении вновь открываемых фактов:

«Суть кризиса современной физики состоит в ломке старых законов и основных принципов, в отбрасывании объективной реальности вне сознания, т. е. в замене материализма идеализмом и агностицизмом».²

Этот чрезвычайно меткий диагноз болезненного состояния физической мысли полностью сохраняет свою силу и в наши дни. Кризис физики еще не изжит. Именно теперь, когда физическая мысль особенно устремилась в область явлений атомного масштаба, когда наука обогатилась целым рядом новейших открытий, касающихся строения вещества, и теоретическая физика пришла к чрезвычайно важным результатам, — именно теперь кризис в физике приобрел большую остроту. В связи с этим глубокие мысли, высказанные Лениным, имеют особо важное значение в настоящее время. Волна идеализма, поднявшаяся в зарубежных странах, находит отклики и в СССР. Данный Лениным великий синтез основных установок материалистического миропонимания является мощным оружием в современной борьбе с идеализмом в физике, ведущей науке о природе.

Два мировоззрения — материалистическое и идеалистическое — борются на всем протяжении истории естествознания. Как всем хорошо известно, антагонизм этих двух направлений в миропонимании сводится, по существу, к исходным моментам. Именно: материализм исходит из признания объективно-реального существования вещей и предметов вне нашего сознания и совершенно независимо от нашего сознания; идеализм же со всеми его оттенками и разновидностями кладет в основу миропонимания идеи, т. е. продукт психической дея-

тельности человеческого мозга, и считает чем-то вторичным, производным те вещи и предметы, которые якобы лишь кажутся существующими независимо от нашего сознания.

Ленин исчерпывающим анализом вскрыл реакционный характер идеалистических течений в науке о природе и показал, в чем заключается отрицательное общественное значение этих течений. Он выявил, каким образом сторонники идеалистического мировоззрения стремятся использовать каждое открытие в области естествознания для борьбы с материализмом, который в своем победном шествии все больше и больше раскрепощает человеческую мысль от всякого рода мистики и последовательно приближает наше понимание явлений природы ко все большему соответствию с тем, что происходит в действительности. Как это ярко и лаконично отмечено в «Курсе истории ВКП(б)», «книга Ленина является... защитой теоретических основ марксизма — диалектического и исторического материализма — и материалистическим обобщением всего важного и существенного из того, что приобретено наукой и, прежде всего, естествознанием за целый исторический период, за период от смерти Энгельса до появления в свет книги Ленина «Материализм и эмпириокритицизм».¹

Именно этот период, конец XIX и самое начало XX в., ознаменовался рядом великих открытий в области физики. Старое, сложившееся веками, представление о том, что атом есть последняя ступень делимости вещества, потерпело крах. Было открыто много новых фактов, неопровержимо свидетельствующих о том, что атом в действительности представляет собою очень сложное образование, в состав которого входят более мелкие материальные части. Выяснилось, что эти составные части атома по своим свойствам сильно отличаются от обычного вещества. Самым замечательным открытием науки в отношении строения атома является то, что в состав всех без исключения атомов, образующих тела природы, входит положительное и отрицательное электричество. Атом, однако, в обычном своем состоянии кажется совершенно ненаэлектризованным, так как он содержит одинаковое количество электричества обоих знаков. Замечательно еще то, что все атомы построены из одних и тех же простейших составных частей. Атомы различаются между собой количеством этих простейших частей и их общим расположением в том постоянном движении, в котором они пребывают и которое до известной степени подобно движению небесных тел (планет) вокруг центрального тела (Солнца).

Таким образом, все известные до того атомы разнообразных химически простых тел внезапно предстали перед взором исследователя природы в виде сложных микромиров электромагнитного характера. Особенное внимание вначале было уделено входящим в состав всех атомов элементарным зарядам отрицательного электричества, обычно называемым электронами. Оказалось, что электрон обладает наименьшим известным в природе электрическим зарядом и

¹ Журнал «Под знаменем марксизма», 1938, № 12, стр. 18—26.

² Ленин. Соч., т. XIII, стр. 211.

¹ «Краткий курс истории ВКП(б)», стр. 98.

приблизительно в 1840 раз легче самого легкого атома, именно — атома водорода. Стало очевидным, что химическое сродство имеет в своей основе электрические процессы. Открытие радия и других радиоактивных элементов, атомы которых сами собой претерпевают непрерывный распад, сопровождающийся выделением свободных электронов и образованием атомов гелия, привело к полному крушению старых представлений о неизменности атомов и химических простых тел. Накопился ряд фактов, свидетельствующих о возможности превращения химических элементов друг в друга. Вместе с тем обнаружилось явления, казалось бы, не укладывавшиеся в рамки таких незыблемых законов природы, как закон сохранения материи и закон сохранения энергии. В процессе внутриатомных преобразований в радиоактивных телах с несомненностью было установлено исчезновение некоторой доли массы материальных частей, из которых состоит атом, и появление эквивалентного количества энергии.

Все перечисленные открытия потрясли до основания устои старых физических представлений. Ленин по этому поводу говорит: «Неразрушимые и неразложимые элементы химии, число которых продолжает все возрастать точно в насмешку над единством мира, оказываются разрушаемыми и разложимыми». ¹ Исчезает масса, возникает энергия, якобы нарушается принцип причинности и т. д. и т. д.

Основные представления физической науки, сложившиеся ко времени указанных открытий в весьма определенной форме и, казалось бы, совершенно окончательно, потребовали пересмотра. До этих открытий верили в чисто механическое объяснение природы. Считалось установленным, что физика есть лишь более сложная механика, именно — молекулярная механика. Расхождение было только в вопросах о приемах сведения физики к механике, о деталях механизма. После этих открытий зрелище, которое представляла физическая наука, оказалось совершенно обратным: крайние разногласия сменили прежнее единодушие, и притом разногласие не в деталях, а в основных и руководящих идеях.

Стогонники идеализма всех оттенков (махисты и т. п.) не замедлили воспользоваться вновь открытыми фактами для ожесточенной атаки против основ материалистического мировоззрения. Был провозглашен лозунг «Материя исчезает».

В своей книге «Материализм и эмпириокритицизм» Ленин подверг сокрушительной критике все попытки идеалистически трактовать явления природы, разоблачил принципиальную ошибочность подобной трактовки и с исчерпывающей ясностью показал, что все открываемое нам через изучение природы не только не противоречит материалистической точке зрения, но, наоборот, гармонично укладывается в рамки материалистических представлений о природе и что эти представления находят себе лишь подтверждение в каждом новом открытии, непрерывно углубляясь по мере развития естествознания.

¹ Ленин. Соч., т. XIII, стр. 205.

Наука о природе, по существу, не может не быть материалистической. Всякое соприкосновение человека с внешним миром, непреложность того, что вещи и предметы внешнего мира никакими усилиями нашего сознания не могут быть устранены из обстановки физического эксперимента, и, наконец, повседневный опыт, свидетельствующий о необходимости так или иначе согласовывать деятельность человека с наличием этих вещей и предметов, — все это приводит нас к представлению об объективной реальности вещей и предметов внешнего мира. То, что лежит в основе этих вещей и предметов, мы называем материей. Таким образом «понятие материи... не означает гносеологически ничего иного, кроме как: объективная реальность, существующая независимо от человеческого сознания и отображаемая им». ¹

С представлением о материи неразрывно связано представление о вечном ее движении. Ленин говорит: «В мире нет ничего, кроме движущейся материи, и движущаяся материя не может двигаться иначе, как в пространстве и во времени». ² Понятия материи и движения неотделимы одно от другого. Как не существует движения без того, что движется, т. е. без материи, так не существует и материи без движения. Материя пребывает в вечном движении, и эта постоянная активность материи проявляется в виде энергии, которая так же, как и движение, неотделима от материи.

Что касается пространства и времени, то Ленин неоднократно и настойчиво указывает, что «пространство и время — не простые формы явлений, а объективно-реальные формы бытия». ³ Ленин напоминает следующие слова Энгельса:

«Основные формы всякого бытия... суть пространство и время; бытие вне времени есть такая же величайшая бессмыслица, как бытие вне пространства». ⁴

Сущность общей материалистической установки Ленин формулирует в следующих словах: «...материя, природа, бытие, физическое есть первичное, а дух, сознание, ощущение, психическое — вторичное». ⁵ С материалистической точки зрения, наше сознание не есть нечто самодовлеющее, существующее само по себе и не зависимое от материи. Ленин указывает: «Ощущение, мысль, сознание есть высший продукт особым образом организованной материи». ⁶

Эти основы материалистического миропонимания теснейшим образом связаны с диалектическим методом познания явлений природы, которые рассматриваются не как нечто окончательно установившееся, а как нечто вечно движущееся, изменяющееся и развивающееся. С диалектической точки зрения, развитие природы в целом есть результат развития противоречий в природе, результат взаимодей-

¹ Ленин. Соч., т. XIII, стр. 214.

² Там же, стр. 144.

³ Там же, стр. 144.

⁴ Там же, стр. 145.

⁵ Там же, стр. 120.

⁶ Там же, стр. 45.

ствия противоположных сил в природе. «Развитие есть «борьба» противоположностей». ¹ Вместе с тем непрерывно возникающие совокупности различных вещей и обстоятельств приводят к появлению новых качеств, характеризующих эти вновь создавшиеся совокупности. Диалектическое развитие надо рассматривать как непрекращающийся переход от количественных изменений к качественным изменениям. И в бесконечном разнообразии вещей и явлений природы, взаимосвязанных и непрерывно влияющих друг на друга, мы можем встречаться только с бесконечным же разнообразием совокупностей этих вещей и явлений.

«Поэтому диалектический метод считает, что процесс развития следует понимать не как движение по кругу, не как простое повторение пройденного, а как движение поступательное, как движение по восходящей линии, как переход от старого качественного состояния к новому качественному состоянию, как развитие от простого к сложному, от низшего к высшему». ²

Проблема причинности занимает в современной физике одно из главных мест. Разногласия по этому поводу чрезвычайно выпукло отражают борьбу двух мировоззрений — материалистического и идеалистического. Ленин на страницах своей книги «Материализм и эмпириокритицизм» разоблачил неправильные, идеалистические установки по вопросу о причинности. В основе рассмотрения физических явлений должно лежать безоговорочное «признание объективной закономерности, причинности, необходимости в природе... наряду с подчеркиванием относительного характера наших, т.-е. человеческих, приблизительных отражений этой закономерности в тех или иных понятиях». ³ Ленин сверх того указывает: «Признание объективной закономерности природы и приблизительно верного отражения этой закономерности в голове человека есть материализм». ⁴

Все наши представления о вещах внешнего мира являются отражениями этих вещей в нашем сознании, отражениями приблизительно, непрерывно совершенствующимися по мере развития науки и постепенно приближающимися к наибольшему соответствию с тем, что происходит в действительности.

Закон сохранения энергии, в котором мы должны видеть одно из проявлений универсальной закономерности всего происходящего в природе, Ленин также относит к числу основных положений материализма. ⁵ Между прочим, Ленин говорит:

«Преобразование энергии рассматривается естествознанием, как объективный процесс, независимый от сознания человека и от опыта человечества, т.-е. рассматривается материалистически». ⁶

¹ Ленин. Соч., т. XIII, стр. 301.

² «Краткий курс истории ВКП(б)», стр. 102.

³ Ленин. Соч., т. XIII, стр. 128.

⁴ Там же, стр. 127.

⁵ Там же, стр. 272 (примечание).

⁶ Там же, стр. 222.

На целом ряде примеров Ленин показал, к каким извращениям физической мысли приводят отступления от основных установок материализма и как подобные отступления уводят исследователя на путь физического идеализма. В особенности резко обнаруживаются патологические уклоны физической мысли в различных попытках идеалистической трактовки новых открытий.

Как указано было выше, открытие непостоянства массы в процессе внутриатомных преобразований дало противникам материализма повод говорить об исчезновении материи. Подвергнув обстоятельному разбору подобного рода высказывания, основанные на ошибочном отождествлении таких понятий, как масса и материя, Ленин в следующих замечательных словах разъясняет истинное значение упомянутого открытия:

«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. Ибо единственное «свойство» материи, с признанием которого связан философский материализм, есть свойство быть объективной реальностью, существовать вне нашего сознания». ¹

С точки зрения диалектического материализма, вечно движущаяся материя неисчерпаема в своих проявлениях. Ленин определенно указывает:

«Электрон так же неисчерпаем, как и атом, природа бесконечна, но она бесконечно существует, и вот это-то единственно категорическое, единственно безусловное признание ее существования вне сознания и ощущения человека и отличает диалектический материализм от релятивистского агностицизма и идеализма». ²

Ленин разоблачил попытки Маха и других идеалистов трактовать пространство и время антиматериалистически. В связи с этим он со всей решительностью осуждает предположение, будто бы элементарные материальные частицы материи и, в частности, электроны могут существовать вне трехмерного пространства. По этому именно поводу Ленин говорит:

«Естествознание не задумывается над тем, что вещество, которое им исследуется, существует не иначе, как в пространстве с 3-мя измерениями, а следовательно, и частицы этого вещества, хотя бы они были так мелки, что видеть мы их не можем, «обязательно» существуют в том же пространстве с 3-мя измерениями». ³

¹ Ленин. Соч., т. XIII, стр. 213.

² Там же, стр. 215.

³ Там же, стр. 148.

Нет ни одной основной физической проблемы, ни одного принципиального научно-философского вопроса, ложное толкование которых идеалистами всех оттенков не было бы проанализировано и опровергнуто Лениным, исчерпывающе выяснившим истинные причины кризиса в физике и уклонов в сторону физического идеализма.

Ленин отмечает, что все эти уклоны объясняются недостаточным знакомством естествоиспытателей с диалектическим материализмом, и в заключение говорит:

«Современная физика лежит в родах. Она рождает диалектический материализм. Роды болезненные. Кроме живого и жизнеспособного существа, они дают неизбежно некоторые мертвые продукты, кое-какие отбросы, подлежащие отправке в помещение для нечистот. К числу этих отбросов относится весь физический идеализм, вся эмпириокритическая философия вместе с эмпириосимволизмом, эмпириомонизмом и др. и т. п.»¹

К сожалению, приходится признаться, что эти болезненные роды затянулись до наших дней. Как было уже отмечено выше и как всем хорошо известно, кризис физики окончательно еще не изжит и в последнее время даже приобрел особую остроту. Однако необходимо со всей определенностью констатировать, что установки диалектического материализма находят все больше и больше сторонников среди физиков не только в СССР, но и за границей. В целом ряде случаев у тех советских физиков, которые полностью еще не стали на позиции диалектического материализма, наблюдается тенденция к отмежеванию от научно-философских течений, имеющих явно идеалистический характер. За границей имеется уже немало физиков, которые руководствуются в своей работе установками диалектического материализма. Ведущим среди этих физиков является крупнейший мировой ученый, друг Советского Союза, член Парижской Академии наук П. Ланжевен.

Остановимся теперь на некоторых главнейших примерах современных идеалистических уклонов в физике. У нас есть еще, к сожалению, отдельные представители физической науки, которые вопреки четким и ясным установкам диалектического материализма, развитым Лениным, пытаются воскресить в новых вариациях антиматериалистический лозунг «Материя исчезает». Ошибочно интерпретируя математические соотношения квантовой механики, они провозглашают «вновь открытые свойства материи»², сущность которых якобы заключается в том, что некоторые материальные объекты атомного масштаба принципиально не могут быть локализованы в пространстве и времени, — следовательно, обладают каким-то магическим свойством, хотя бы на короткое время, прекращать свое бытие в пределах нормальной пространственно-временной непрерывности. Однако, с мате-

риалистической точки зрения, бытие вне пространства и времени есть величайшая бессмыслица, о чем и говорит Ленин в приведенной выше цитате.

Основная ошибка, которую делают некоторые наши физики, занимающиеся вопросами квантовой механики, заключается в том, что они недостаточно критически относятся к явно махистским теоретико-познавательным установкам Бора, Гейзенберга и других зарубежных физиков. А эти установки, как известно, основаны на принципиальном отрицании возможности рассматривать всякий микрофизический объект как объект, реально существующий в пространстве и времени совершенно независимо от наблюдающего субъекта и вообще от каких бы то ни было вспомогательных наблюдательных приборов. Речь в данном случае должна идти вовсе не о том, умеем ли мы или не умеем достаточно точно установить локализацию в пространстве и времени того или иного микрофизического объекта, изучаемого нами. Это — излюбленная тема физиков, идеалистически интерпретирующих соотношение неопределенности и принцип дополнительности. Речь идет о совершенно другом, а именно о том, что всякий реальный объект — безразлично макрофизического или микрофизического масштаба — в каждый данный момент времени обязательно и безусловно должен занимать определенное место в пространстве, т. е. может и должен иметь совершенно определенную пространственно-временную локализацию. Если что-либо принципиально не может быть локализовано в пространстве и времени, следовательно, это «ничто» не существует объективно-реально вне нашего сознания и независимо от нашего сознания, а представляет собой фантастический вымысел идеалистического характера, могущий служить лишь предметом псевдофизических спекуляций.

Указанные мистические «вновь открытые свойства материи» находятся в теснейшей связи с отрицанием универсальности принципа причинности, с отрицанием всеобщей и безусловной закономерности всего происходящего в природе, не допускающей никаких изъятий для области явлений атомного масштаба.

Несмотря на исчерпывающее разъяснение Ленина по вопросу о том, в какой мере признание универсальной закономерности в явлениях природы отражает нашу материалистическую установку, у нас есть еще физики, утверждающие вслед за зарубежными физиками-идеалистами, что принцип причинности сохраняет свою полную силу только в отношении явлений макрофизического масштаба, в явлениях же атомного масштаба могут иметь место случаи, когда этот принцип является неприменимым. Но ведь отказ от признания абсолютной универсальности принципа причинности обозначает не что иное, как допущение существования явлений, не стоящих ни в какой связи с другими явлениями, т. е. допущение возможности чудес.

Современный физик-исследователь настолько прочно стоит на позициях интуитивного признания полного соответствия между объективной закономерностью происходящих в природе явлений и методами математического их описания, что, сталкиваясь с неопределен-

¹ Ленин. Соч., т. XIII, стр. 256.

² См., напр., статью В. А. Фока в «Под знаменем марксизма», № 1 за 1938 г., стр. 152. (Примечание, добавленное в 1939 г.).

ностью при математической трактовке микрофизических явлений, иногда делает неправильное заключение, сводящееся к отрицанию причинных связей в самих явлениях. Сущность возникающей в подобных случаях ошибки состоит в игнорировании настойчиво указываемого Лениным «относительного характера наших, т.-е. человеческих, приблизительных отражений... закономерности в тех или иных понятиях». ¹ Ясно, следовательно, что, с материалистической точки зрения, соотношение неопределенности надо понимать не как повод к отрицанию принципа причинности при рассмотрении движений отдельного микрофизического объекта (например электрона), но лишь как простое указание на то, что в некоторых предельных случаях математический анализ данных опыта еще не в достаточной степени отражает закономерное протекание того или иного процесса. Однако, неопределенность в математическом описании отдельных явлений атомного масштаба, протекающих, конечно, столь же закономерно, как и явления макрокосмические, компенсируется значительно большей определенностью, достигаемой статистическими методами, которые приводят к менее искаженному отражению в нашем сознании общего хода явлений, происходящих в природе.

Итак, нет решительно никаких оснований к отказу от принципа причинности в отношении явлений микрокосмического порядка и к наделению электронов мистической «свободой воли», как это делалось и делается некоторыми физиками, придерживающимися идеалистических установок. Одно несомненно, а именно, что в объективно-реальном мире могут иметь место только такие явления, которые находят в той или иной объективно-реальной же причинной зависимости от других явлений. Ленин говорит:

«Идея, будто познание может «создавать» всеобщие формы, заменять первичный хаос порядком и т. п., есть идея идеалистической философии. Мир есть закономерное движение материи, и наше познание, будучи высшим продуктом природы, в состоянии только отражать эту закономерность». ²

Сомнения по поводу применимости принципа причинности в области явлений атомного масштаба совершенно естественно привели и к попыткам усмотреть нарушения закона сохранения энергии в некоторых явлениях того же масштаба. Идеалистический характер подобных попыток совершенно очевиден. По существу, закономерность всякого рода энергетических процессов в природе представляет собой лишь важнейший пример в ряду разнообразных закономерностей, характеризующих единство мироздания и обобщаемых нашим сознанием в формулировке всеобщего принципа причинности.

И в наше время, несмотря на полную определенность установок диалектического материализма, несмотря на четкие указания Ленина в его книге «Материализм и эмпириокритицизм», считается, к сожа-

нию, допустимым говорить о пространстве как о чем-то самодовлеющем, не являющемся лишь объективно-реальной формой существования вечно движущейся материи. В физической науке еще находит себе место такой фетиш, как «абсолютно пустое пространство», хотя вполне очевидно, что форма бытия материи немыслима сама по себе, т. е. не может существовать отдельно от материи.

Уклоны в сторону физического идеализма в вопросе о пространстве иногда принимают такой характер, что некоторые по существу своему идеалистические утверждения могут с внешней стороны кому-либо показаться материалистическими. Так, некоторые наши физики утверждают, что пространство само материально и что, например, электромагнитное поле есть лишь свойство этого «материального пространства». ¹ При этом концепция материи подменяется концепцией пространства.

В какой степени последнее утверждение является идеалистическим, явствует из нижеследующих слов Ленина:

«Метафизический, т.-е. антидиалектический, материалист может принимать существование материи (хотя бы временное, до «первого толчка» и т. п.) без движения. Диалектический материалист не только считает движение неразрывным свойством материи, но и отвергает упрощенный взгляд на движение и т. д.». ²

Таким образом, подменяя концепцию материи концепцией пространства, мы приходим к необходимости рассматривать движение материального пространства и, между прочим, должны говорить о пространственных перемещениях элементов пространства, так как, с диалектико-материалистической точки зрения, всякое движение вообще обязательно включает в себе и пространственные перемещения. ³ Но совершенно очевидно, что идея о пространственных перемещениях элементов пространства, как такового, бессодержательна и абсурдна. Несомненно, вполне отдавая себе в этом отчет, идеалистически мыслящие физики так настойчиво и так резко протестуют против какого бы то ни было рассмотрения пространственных перемещений, неизбежно входящих в состав всякого электромагнитного поля. Однако подобным протестом эти физики совершенно отчетливо демонстрируют свои антиматериалистические установки.

Итак, некоторой части физиков у нас в СССР, к сожалению, еще не достаточно ясно, какое великое значение имеют установки диалектического материализма для правильного развития науки о природе.

Не подлежит ни малейшему сомнению, что современная волна идеализма в физической науке будет преодолена совокупными усилиями материалистически мыслящих представителей физики. Залогом тому

¹ См. напр., статью С. И. Вавилова в «Под знаменем марксизма», № 7 за 1937 г., стр. 61. (Примечание, добавленное в 1939 г.)

² Ленин. Соч., т. XIII, стр. 221.

³ Подробнее об этом говорится в статьях V и VI настоящего сборника. (Примечание, добавленное в 1939 г.)

¹ Ленин. Соч., т. XIII, стр. 128.

² Там же, стр. 138.

служит путеводный маяк — знаменитая книга Ленина «Материализм и эмпириокритицизм», вдохновляющая и направляющая всех борющихся против идеализма. Эта задача в значительной степени облегчается руководящими указаниями товарища Сталина — великого продолжателя дела Ленина.

На представителях советской физической науки лежит почетная и ответственная обязанность — бороться в передовых рядах за диалектический материализм в науке о природе.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

VIII

ВЫДЕРЖКИ ИЗ СТЕНОГРАММЫ ДИСКУССИИ О ПРИРОДЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

(происходившей в 1929 и 1930 г. в Ленинградском Политехническом институте)¹

ВТОРАЯ БЕСЕДА

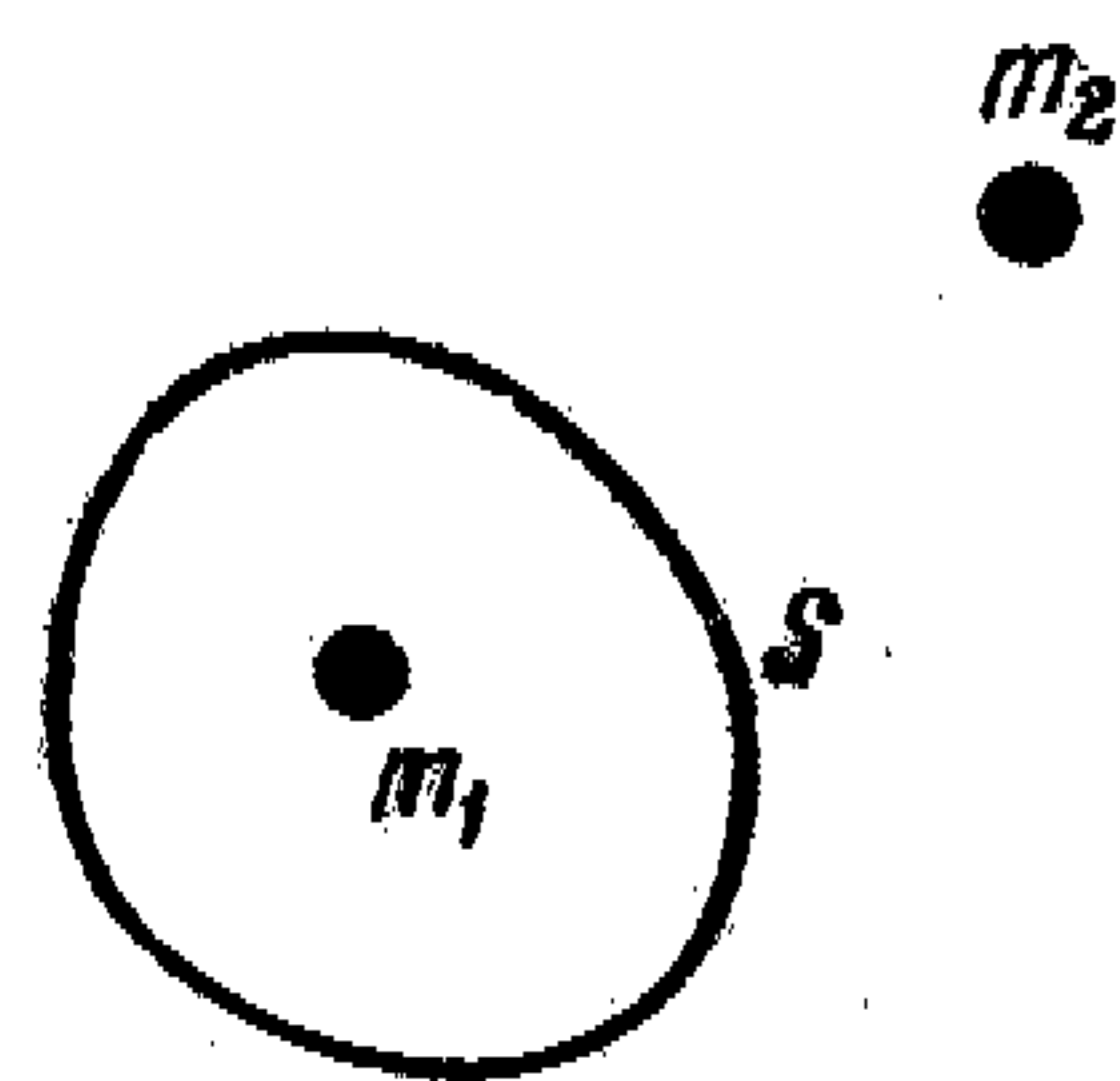
(3 января 1930 г.)

В. Ф. Миткевич. — Когда мы говорим о природе какого-либо физического явления, мы, конечно, не должны обольщать себя мыслью будто бы нам, при современном состоянии физики, доступно проникновение во все детали того, что происходит в действительности. Это является лишь идеалом физики, отдаленным маяком, манящим исследователя. Практически же мы можем только медленно, шаг за шагом, приближаться к этой отдаленной цели. Ясно, что в такой, подчас очень трудной, работе мы можем и должны руководствоваться некоторыми точками зрения, возникающими в процессе изучения явлений. Но эти точки зрения мы обязаны подвергнуть самой беспощадной критике, прежде чем дерзнуть на основе их создавать вероятную картину того, что происходит в действительности. Сверх того, если мы хотим рассуждать как физики, мы должны понимать, что в действительности происходит не то или иное, в зависимости от нашей точки зрения, а нечто совершенно определенное и во всяком случае нечто, не подчиненное нашей точке зрения.

Чем же мы можем и должны руководствоваться при этой предварительной критике различных точек зрения на данное физическое явление? Единственный ответ, который, по моему мнению, можно дать на этот вопрос, заключается в том, что мы всегда должны прежде всего руководствоваться степенью физического смысла, присущего той или иной точке зрения. Я поясню сказанное классическим примером из области теории тяготения. Ньютон открыл закон всемирного тяготения и сформулировал его, затем он воспользовался им для математической разработки ряда вопросов, касающихся движения небесных тел. Достигнутые в области небесной механики результаты были таковы, что математик Ньютон мог бы в полной мере гордиться ими и получить полное удовлетворение. Но посмот-

¹ «Электричество», 1930, №№ 3, 8 и 10.

рим, что думал физик Ньютон по поводу явления тяготения. Прежде всего нужно напомнить, что он в самой формулировке закона тяготения указывал, что «все происходит так, как будто бы тела притягиваются». Дальше я позволю себе прочесть отрывок из третьего письма Ньютона к Бентлею, где он говорит следующее: «Что тяготение должно быть врожденным, присущим и необходимым свойством материи, так что одно тело может взаимодействовать с другим на расстоянии через пустоту без участия чего-то постороннего, при посредстве чего и через что их действие и сила могут быть передаваемы от одного к другому, — это мне кажется столь большим абсурдом, что я не представляю себе, чтобы кто-либо, владеющий способностью компетентно мыслить в области вопросов философского характера, мог к этому прийти. Тяготение должно обуславливаться каким-то агентом, действующим непрерывно, согласно известным законам...». Так сказал физик Ньютон. К сожалению, до последнего времени среди лиц, занимающихся физикой, нет достаточно ясного понимания этих слов физика Ньютона, и поэтому я позволю себе на элементарном примере показать, что мы должны понимать под «абсурдом» и в чем он заключается.



Фиг. 5.

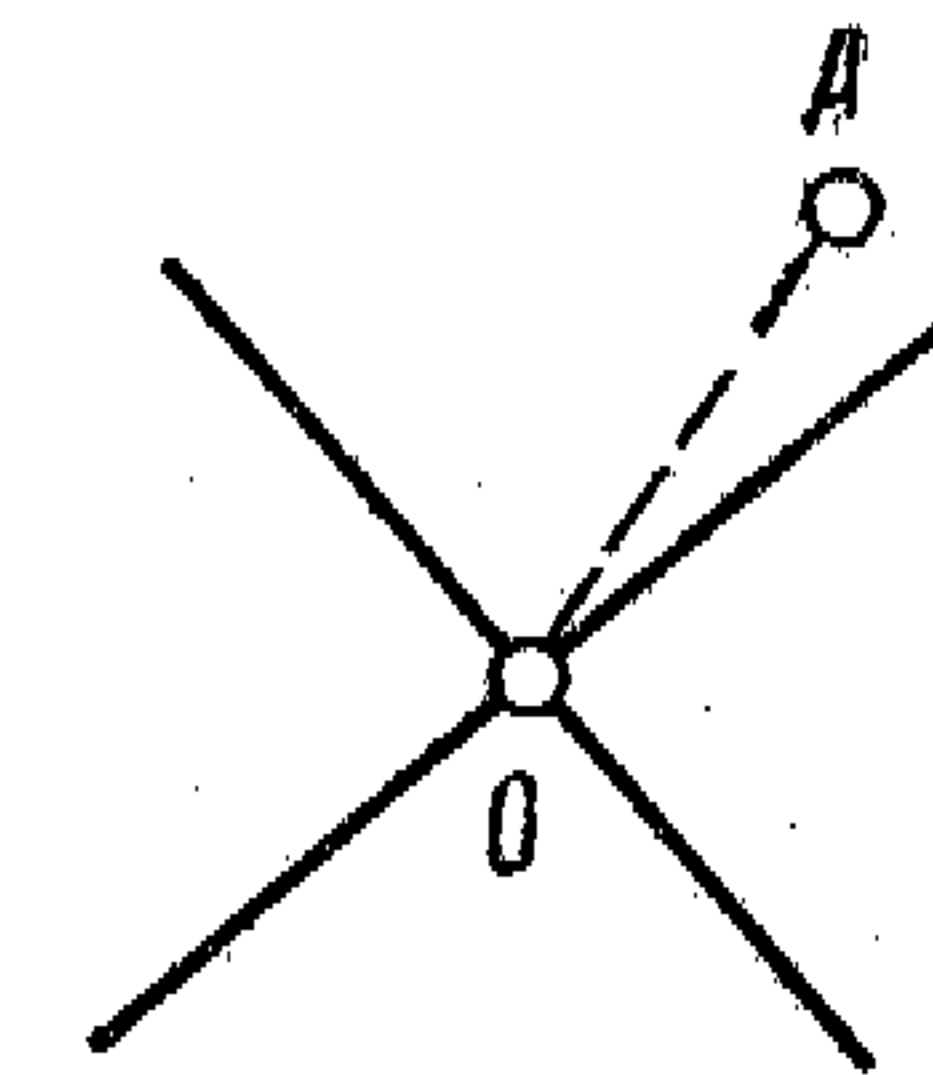
Представим себе массу m_1 и массу m_2 (фиг. 5). Предположим, что эти массы действительно могут влиять друг на друга на расстоянии. Это значило бы следующее. Пусть некоторая поверхность S , совершенно замкнутая, окружает со всех сторон массу m_1 . Если кто-либо допускает, что масса m_1 действует на расстоянии на массу m_2 ,

то, следовательно, он считает возможным осуществление этого действия без того, чтобы какой-нибудь физический агент в какой-либо части поверхности S проникал сквозь нее.

Конечно, это можно себе представить, если призвать на помощь спиритические или медиумические явления, но физики до последнего времени обычно этим не пользовались и обходятся без этого. Поэтому для всякого ясно, что физик не может говорить о такой схеме физического представления иначе, как о величайшем абсурде. Таким образом, математик Я. И. Френкель, подобно математику Ньютону, имеет законное право и иногда, быть может, должен при математическом рассмотрении вопросов из области электромагнетизма пользоваться идеей действия на расстоянии, но если Я. И. Френкель желает говорить как физик, он должен помнить прочитанные мною золотые слова физика Ньютона, должен учитывать всю физическую абсурдность идеи действия на расстоянии и ставить *actio in distans* на надлежащее место.

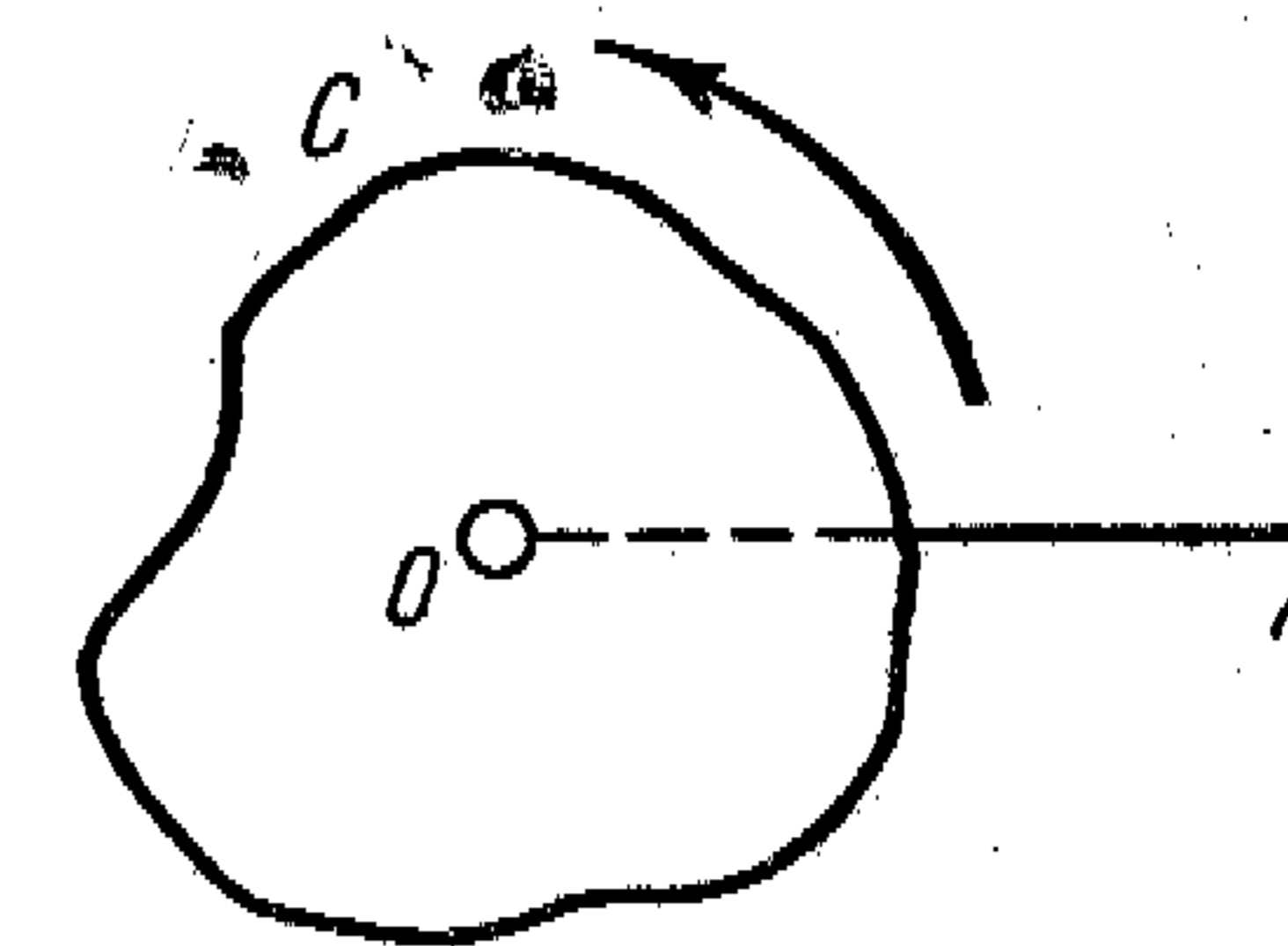
Можно привести бесчисленное множество примеров, когда при математическом рассмотрении какого-либо вопроса, какого-нибудь физического явления мы представляем себе его не так, как оно происходит в действительности. Это бывает математически удобно и

совершенно закономерно в этом смысле. Я остановлюсь на нескольких элементарных примерах для того, чтобы пояснить свою мысль. Представим себе некоторую материальную точку, которая вдоль направляющей рейки перемещается по прямой линии из точки O в точку A (фиг. 6). Это есть вполне определенный физический процесс. Математик или теоретик механики совершенно закономерно применяет разложение этого перемещения на какие-либо составляющие, в частности можно как угодно провести одну ось, проходящую через точку O , и перпендикулярно к ней вторую ось, а затем перемещение материальной точки из O в A разложить на две составляющие по этим осям. Таких разложений существует бесчисленное множество. Все они абсолютно законны с математической точки зрения. Но из всех комбинаций разложения, которые все одинаково законны при математическом рассмотрении вопроса, единственное разложение, соответствующее действительности, есть такое разложение, при котором одна из осей проходит через точки O и A . Тогда одна составляющая есть полное перемещение, а другая равна нулю.



Фиг. 6.

В виде второго примера представим себе некоторое тело C , которое вращается вокруг оси O , перпендикулярной плоскости чертежа (фиг. 7). Предположим, что угол поворота мы отсчитываем от неподвижного направления OA . Допустим, что тело C вращается в положительную сторону и делает n оборотов в секунду. Это есть действительное физическое явление. Математик или теоретик механики совершенно закономерно в известных случаях может рассматривать это вращение, как происходящее следующим образом. Одновременно с вращением в положительную сторону со скоростью n оборотов в секунду, можно представить себе еще добавочное вращение в ту же сторону со скоростью в 10^n оборотов в секунду. Представим себе далее и одновременное вращение в другую сторону со скоростью — 10^n оборотов в секунду. Результат от этого несколько не изменится, но в математическом исследовании это построение может оказаться полезным, и мы иногда пользуемся таким построением, причем n может быть какое угодно число, может быть даже миллион, миллион миллионов, миллион в миллионной степени, все что угодно. Однако физически это не приемлемо, физически есть только определенное вращение, считаемое от направления OA . Физический смысл имеет только предположение, что $n = -\infty$, а математический смысл имеет любое предположение.



Фиг. 7.

Последний пример возьмем из области нам более близкой, из области теории магнетизма. Мы привыкли пользоваться представлением о магнитной массе. Представление о единице магнитной массы лежит в основании абсолютной электромагнитной системы единиц. Это есть, так сказать, законное использование фиктивного представления, которое является результатом математической трактовки вопроса, но никому из нас теперь и в голову не придет мысль, что магнитная масса в действительности существует. Это есть лишь величина, которою с большой выгодой пользуются и должны пользоваться при математическом исследовании. Итак, некоторые точки зрения на данное физическое явление могут быть чрезвычайно плодотворными и ценными в математическом отношении и в то же время могут быть совершенно неприемлемыми в решении вопроса о том, что происходит в действительности.

Я перехожу теперь к теме нашей беседы, вернее сказать, нашего спора о природе электрического тока. Как совершенно определенно выяснилось в прошлый раз, здесь есть две, по моему мнению, совершенно непримиримые точки зрения. Первая точка зрения, — ее наиболее ярким выразителем является Я. И. Френкель, — отстаивает действие на расстоянии. Другая точка зрения, которую защищаю я, кладет в основу своих рассуждений участие промежуточной среды, окружающей центр или ось, вокруг которых ориентируется то или иное электромагнитное явление. Я не думаю, чтобы после того, что я уже сказал, необходимо было много говорить относительно физической состоятельности той или другой точки зрения, но все-таки позволю себе добавить еще несколько слов. Если точка зрения простого действия на расстоянии является физическим абсурдом, то тем большим физическим абсурдом является точка зрения запаздывающего действия на расстоянии. Это есть ценный математический прием, придуманный Лоренцом. Прием этот может много дать при формальном описании электромагнитных явлений, но это, конечно, абсолютный физический абсурд. В дополнение к тому, что я здесь говорил относительно физической абсурдности идеи действия на расстоянии, представим себе, что у нас имеется некоторая система, способная излучать электромагнитную энергию. Допустим, что радиостанция *A* в некоторый момент времени начинает генерировать очень мощное излучение, распространяющееся на колоссальное расстояние. Возьмем расстояние столь большое, что оно проходится электромагнитным излучением в десять лет, пока оно не дойдет до некоторого удаленнейшего радиоприемника *B*. Предположим, что после того, как радиостанция *A* уже поработала, мы ее совершенно уничтожим. Допустим, что радиоприемник *B* в момент излучения может даже не существовать и лишь потом, в конце десятого года, мы можем успеть построить приемную систему. Через десять лет излученная электромагнитная энергия будет принята системой *B*. А в промежутке, в течение десяти лет, где находится излученная энергия, где находится физический агент, который должен в конце концов воздействовать на приемник *B*? С точки зрения Я. И. Френкеля, нигде. Такое объ-

яснение физически не допустимо. Если мы рассуждаем как физики, подобное объяснение мы должны квалифицировать как полный абсурд, но при формально-математическом рассмотрении вопроса мы имеем законное право иногда так рассуждать. Как математик, Ньютон правильно пользовался теми положениями, которые, как физик, считал абсурдными.

В прошлый раз в словах Я. И. Френкеля я усмотрел некоторый упрек по адресу метода мышления Фарадея. Он сказал, что Фарадей «не мог себе представить действия на расстоянии», и сказал это с некоторым оттенком осуждения. Я далек от мысли защищать Фарадея от нападков со стороны Я. И. Френкеля, но полагаю необходимым указать, что Фарадей потому именно и считается нами величайшим из физиков, что он в недостижимой для других степени обладал способностью различать физически приемлемое от физически абсурдного. Поэтому-то он и оказался способным обогатить науку рядом достижений, сделавших эпоху. Защищаемая мною точка зрения Фарадея, развитая далее трудами Максвелла, имеет все признаки физически состоятельной точки зрения. Конечно, возможно, что фарадеевско-максвелловская точка зрения требует некоторых дальнейших уточнений и дополнений, но в общем она вполне может служить нам путеводной нитью при построении вероятной картины того, что происходит в действительности в том электромагнитном процессе, который мы сейчас разбираем.

В прошлый раз П. С. Эренфест, исходя из благородного побуждения примирить спорящие стороны, сказал: «В теперешний момент эти две точки зрения эквивалентны». Да, конечно, они эквивалентны в математическом отношении, при математическом описании явления электрического тока, но ведь это вовсе не относится к теме нашей беседы. В то же время эти две точки зрения абсолютно неэквивалентны в отношении их физического смысла. П. С. Эренфест предложил поставить специальный опыт — *experimentum crucis*, при помощи которого можно было бы решить, какая точка зрения правильна, какая ошибочна. Я не вижу никакого физического смысла в таком эксперименте. Он ни к чему не приведет. Ввиду математической эквивалентности этих двух точек зрения, конечно, любой эксперимент мы можем и должны описать и тем, и другим способом. Но совершенно ясно, что одна точка зрения при всей ее математической законности и ценности является физическим абсурдом, а другая — физически состоятельна и вполне приемлема. Это совершенно очевидно уже теперь, и я поэтому очень возражаю против пессимизма П. С. Эренфеста, который сказал, что может быть нам придется умереть раньше, чем наш спор приведет к какому-нибудь заключению. Умирать не надо, надо жить. По моему, спор решается уже сейчас в плоскости простого здравого смысла.

А. Ф. Иоффе в своем выступлении сказал: «правильно понимаемая электронная теория должна являться дополнением и развитием максвелловской теории». Прекрасные слова, подписываюсь под ними. При этом под правильным пониманием я подразумеваю полный учет

всех тех следствий, которые вытекают из признания абсолютной физической абсурдности идеи действия на расстоянии. Когда этот полный учет будет осуществлен, тогда, конечно, не будет противоречий между большими достижениями электронной теории и представлением Максвелла об электрическом смещении, которое явилось одним из базисов его физической теории.

Итак, в дальнейшем при рассмотрении вопроса о природе электрического тока, занимаясь физическим, а не математическим описанием, мы можем, мы обязаны считаться с фарадеев-максвелловской точкой зрения, которая оказывается единственной физически состоятельной. Я буду основываться на том положении, которое вызвало особенно ожесточенный спор в прошлый раз, а именно, что в каждом элементе объема в пространстве вокруг проводника с током содержится некоторый запас энергии. Этот запас энергии мы не можем, рассуждая как физики, не связывать с каким-то процессом, происходящим в этом же объеме, причем процесс должен быть таковым, чтобы картина его способна была более или менее охватить все стороны, все свойства электромагнитного поля. Делая попытку в этом направлении, Дж. Дж. Томсон в свое время воспользовался представлением о единичных трубках электрического смещения, названных им фарадеевскими трубками. Дж. Дж. Томсон вместе с Пойтингом дал целый ряд чрезвычайно интересных построений, которые иллюстрируют с этой точки зрения процесс электрического тока в самых разнообразных случаях. Все это необычайно изящные картины, помогающие очень глубоко проникнуть в тонкости процесса электрического тока. С точки зрения Дж. Дж. Томсона и Пойтинга, магнитное поле надо представлять себе, как форму нашего восприятия движущихся фарадеевских трубок. Однако эта точка зрения приводит в целом ряде случаев к непреодолимым трудностям. С этой точки зрения, например, чрезвычайно трудно уяснить существование магнитного поля вокруг сверхпроводника, по которому течет ток. Далее, с этой точки зрения чрезвычайно трудно объяснить магнитное вращение плоскости поляризации света и т. д. В виду этого я сделал попытку обратиться к магнитному полю и положить именно его в основание картины того физического процесса, который является носителем энергии в случае электрического тока. Здесь я обратился к старым, мало использованным работам Максвелла, в которых он трактует вопрос о вероятной природе магнитного поля. К этому же вопросу он обратился и довольно основательно его еще раз разобрал в одной из последних глав второго тома своего Трактата. Проанализировав открытое Фарадеем явление магнитного вращения плоскости поляризации света, и в полном соответствии с некоторыми ранее высказанными идеями Вильяма Томсона (Кельвина), Максвелл пришел к необходимости утверждать, что в магнитном поле мы имеем дело с каким-то вращением. В каждом элементе объема магнитного поля мы имеем такое вращение, причем это вращение совершается вокруг оси, совпадающей с направлением вектора магнитной силы. Идя по этому

пути, мы вместе с Максвеллом приходим к заключению, что физическое магнитное поле, воспринимаемое нами, как магнитный поток, должно состоять из некоторых вихревых нитей. Отдельные математические работы, которые Максвелл посвятил исследованию этого вопроса, анализируют представление о магнитных вихревых нитях. В этом отношении невольно напрашивается сближение максвелловских вихревых нитей с гельмгольцевскими замкнутыми вихревыми нитями в идеальной жидкости. Целый ряд основных свойств тех и других в значительной мере совпадает. Таким образом, мы подходим к некоторой конкретизации мысли Фарадея о «physical lines of force», о физически существующих магнитных линиях. В своих работах Максвелл очень обстоятельно исследовал вопрос о возникновении электрического смещения при движении магнитных вихрей и показал, что на почве представления о магнитных вихрях имеется возможность очень простого и естественного подхода к объяснению возникновения деформации электрического смещения при движении магнитных вихревых нитей. Таким образом, беря в основу дальнейших рассуждений физически существующие магнитные линии, понимаемые мною как магнитные вихри, мы имеем в своих руках нечто, способное охватить весь комплекс электромагнитных явлений, и в этом я вижу большую ценность такого представления.

Пользуясь представлением о магнитных линиях как о реально существующих элементах магнитного потока, я в ряде своих последних работ¹ подверг обследованию свойства магнитного потока. Мне удалось предвидеть и обнаружить на опыте две составляющие магнитного потока взаимной индукции. Поток взаимной индукции мы обычно выражаем через $M_n i_1$, где i_1 — ток в первичной цепи, а M_n — нормальный коэффициент взаимной индукции. Я установил, что есть некоторая другая составляющая, которая выражается через $M_a \frac{di_1}{dt}$, т. е. через первую производную тока по времени. Существование этой аномальной составляющей потока взаимной индукции есть необходимое следствие основного фарадеевского представления о магнитном потоке как о совокупности реально существующих замкнутых магнитных линий. Через M_n я обозначил аномальный коэффициент взаимной индукции. Таким образом, полный поток взаимной индукции, сцепляющийся со вторичной цепью, получает следующий вид:

$$\Phi_2 = M_n i_1 - M_a \frac{di_1}{dt}.$$

Далее я предвидел и обнаружил на опыте вторую составляющую электродвижущей силы взаимной индукции. Нормальная составляющая выражается, как известно, через $e_n = -M_n \frac{di_1}{dt}$; аномальная же составляющая выражается соотношением $e_a = M_a \frac{d^2 i_1}{dt^2}$, т. е. выра-

¹ См. «Доклады Академии Наук СССР», серия А, 1929, стр. 131, 136, 171, 259 и 289.

(14 марта 1930 г.)

жается через вторую производную первичного тока по времени. Это опять-таки непосредственно следует из основных представлений Фарадея. Полная электродвижущая сила взаимной индукции во вторичной цепи при условии постоянства геометрических координат выражается, следовательно, так:

$$e_2 = -M_n \frac{di_1}{dt} + M_a \frac{d^2i_1}{dt^2}.$$

В связи с указанными результатами я с тем большим правом в своих дальнейших построениях буду пользоваться представлением о магнитных линиях, как об исходных элементах при объяснении явлений, происходящих в электромагнитном поле.

В. Ф. Миткевич. — Я нахожусь в чрезвычайно тяжелом положении, отвечая на то, что говорит Я. И. Френкель. Я прямо смущен до чрезвычайности. Он применил особый полемический прием. Я стремился поспорить с физиком Я. И. Френкелем, а он подменил физика чистым математиком. У нас нет общего языка. Я не знаю, как говорить. Если вы, Яков Ильич, как физик действительно можете примириться с тем невероятным абсурдом, что некоторая масса m_1 (фиг. 5) может действовать на расстоянии на массу m_2 без того, чтобы какой-либо физический агент проникал сквозь замкнутую поверхность, окружающую массу m_1 , то я вынужден заподозрить вас в том, что вы тайный адепт спиритизма. Иного объяснения нет! Повторяю, математик Я. И. Френкель имеет право так рассуждать, законное, абсолютное право. Собственно говоря, все, что на эту тему Я. И. Френкель говорил, он говорил как математик. Мне очень трудно с ним спорить потому, что все продолжается в таком же роде. Если математик Я. И. Френкель со мной спорит, то ясное дело, что он говорит попрежнему с точки зрения дальнего действия. Я ведь с самого начала напомнил, что мы совсем не занимаемся вопросами математического описания явлений тока, мы хотим подойти к вероятной картине того, что в действительности происходит. У меня создалось такое ощущение, будто бы я не говорил этого совсем. Я указывал, что в силу математической эквивалентности разных точек зрения, я не считаю нужным производить тот опыт, о котором П. С. Эренфест в прошлый раз говорил. Этот опыт не имеет физического смысла потому, что формальное описание какого угодно физического явления должно быть возможно и с той, и с другой точки зрения. Далее я утверждаю, что, придерживаясь темы нашей беседы, нужно категорически ясно сказать, какова при современном состоянии знаний вероятная картина того, что происходит в действительности. Я не понимаю, о чем можно еще говорить по вопросу о природе электрического тока.

В. Ф. Миткевич. — Я буду очень краток, для того чтобы дать Я. И. Френкелю время изложить физическое содержание его представлений о природе электрического тока. Я хочу подвести итоги того, что выяснилось в связи с моими выступлениями на двух предыдущих беседах. Речь идет, как М. А. Шателен подчеркнул, о природе электрического тока, а не об электрическом токе вообще. Следовательно, к теме беседы имеют отношение отнюдь не математические методы описания электрического тока, а именно только наши физические представления об электрическом токе. Математические соотношения интересны для нас лишь постольку, поскольку они дают материал для суждения о том, что в действительности происходит. Анализируя наши общие физические представления и стремясь осветить основу этих представлений, я в прошлый раз дошел до простейшего случая, до такого примера, который в высокой степени просто выявляет физическую состоятельность различных возможных точек зрения. Я имею в виду случай взаимодействия двух каких-либо физических центров. Иллюстрируя физические взгляды Ньютона, я говорил о двух тяготеющих массах. Совершенно также, конечно, обстоит дело и в случае взаимодействия двух, например, электрических зарядов. Представим себе электрический заряд q_1 , электрический заряд q_2 и некоторую замкнутую поверхность S , окружающую со всех сторон заряд q_1 (фиг. 8). В прошлый раз я поставил вопрос, который могу сейчас сформулировать применительно к электрическим зарядам. Вопрос заключается в следующем: может ли электрический заряд q_1 взаимодействовать с зарядом q_2 без того, чтобы какой-либо физический агент проникал сквозь замкнутую поверхность S ? Вот тот вопрос, который я поставил и который имеет весьма существенное значение при обсуждении всего, что касается природы электрического тока. Необходимо совершенно ясно и четко сказать «да» или «нет». Либо «да», либо «нет». Либо то, либо другое. Середины не может быть!

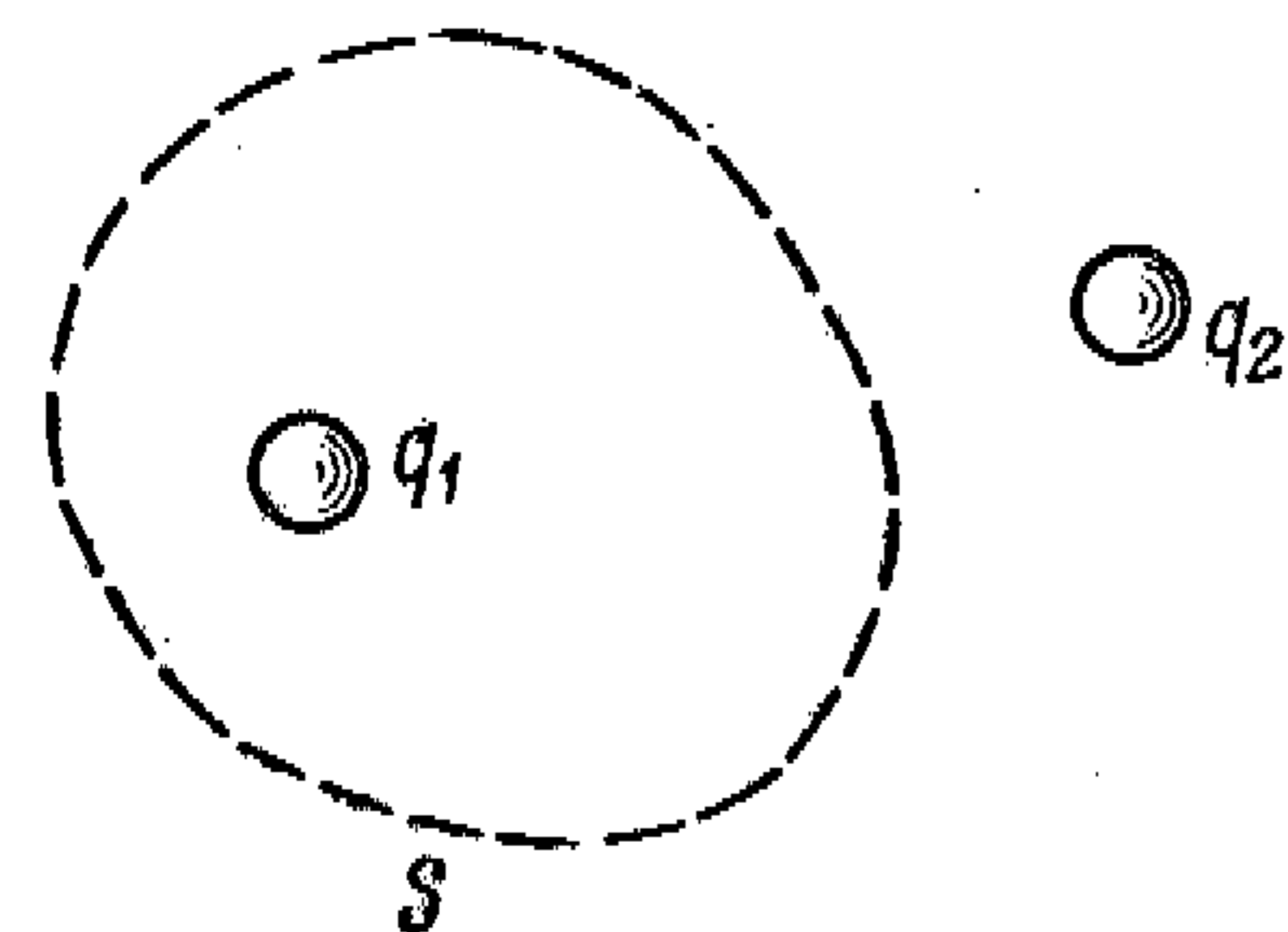
Подвожу теперь итог того, что выяснилось во время предыдущих бесед. Я самым решительным образом утверждал, что мы должны категорически отрицать возможность ответа «да» и говорить только «НЕТ». С этим ответом связано определенное физическое мировоззрение. Если не может иметь места взаимодействие между q_1 и q_2 без того, чтобы некоторый физический агент проникал сквозь замкнутую поверхность, значит какой-то промежуточный агент есть. Как его мыслить, это совершенно другой вопрос. Можно себе представить, например, что из зарядов q_1 и q_2 вылетают какие-то особые физические кванты. Можно представлять себе это как угодно иначе. Мне кажется, лучше всего стоять на точке зрения Фарадея-Максвелла и мыслить некоторую промежуточную среду, представляющую собою основной физический фон, на котором разви-

ваются все электромагнитные процессы. Но так или иначе, имеется физический посредник между этими двумя зарядами q_1 и q_2 .

Я. Г. Дорфман в прошлый раз выступил с совершенно определенным ответом на поставленный мною вопрос и сказал «ДА»! Он откровенно и смело утверждал, что именно полным абсурдом является мысль о физическом посреднике между взаимодействующими на расстоянии центрами. Я. И. Френкель не считал возможным дать прямой ответ на принципиальный вопрос, касающийся взаимодействия двух физических центров (фиг. 8), но он так много говорил в защиту точки зрения действия на расстоянии, что я, конечно, не рискую ошибиться, если скажу, что он так же рассуждает, как и Я. Г. Дорфман, т. е. что он так же считает абсурдом предположение, будто физические центры не могут взаимодействовать на расстоянии через пустоту, в полном смысле этого слова, без физического посредника.

Таким образом, ответом Я. И. Френкеля на поставленный мною вопрос надо признать определенное «ДА».

Итак, мы имеем две совершенно определенные исходные точки зрения: точку зрения Фарадея-Маквелла и точку зрения actio in distans. Это — противопоставляемые в нашем споре исходные физические воззрения. Я указывал, что, рассматривая вопрос о природе электрического тока и исходя из фарадее-максвелловских основных



Фиг. 8.

воззрений об участии промежуточной среды — физической первоосновы, на фоне которой проявляются электромагнитные процессы, можно различными способами пытаться построить вероятную картину того, что происходит в действительности. Я упоминал о воззрениях Дж. Дж. Томсона, о картине, в основу которой кладутся физически существующие фарадеевские трубки электрического смещения. Это — стройная картина, которая многое красиво объясняет. Мне представляется, однако, что в ряде случаев не все легко объяснить. Поэтому я пытаюсь построить другую картину и при этом исхожу из представления о реально существующих магнитных линиях. Это мне кажется особенно интересным, потому что Фарадей, который сам говорил вначале об электрических «physical lines of force», к концу своей деятельности, после тщательного анализа всего того, что им было открыто, склонялся к преимущественному значению идеи о реально существующих магнитных линиях. Можно далее говорить об электронной теории, учитывающей промежуточную среду. Это будет самая законная электронная теория, которая должна являться тем, о чем говорил А. Ф. Иоффе, т. е. дальнейшим развитием и углублением фарадее-максвелловской теории. Наконец, может быть, со временем будет создана некоторая теория «Х», которая даст более полную и стройную картину того, что происходит в действитель-

ности в случае электрического тока. Но так или иначе все это представляет собою возможные пути развития основной фарадее-максвелловской точки зрения. С другой стороны, можно построить наше представление о природе электрического тока, исходя из точки зрения actio in distans. Здесь можно говорить об электронной теории, не учитывающей промежуточной среды. Можно, наконец, представить себе, что появится некоторая новая теория, исходящая из actio in distans. Назовем ее теорией «У». Вот, собственно говоря, общая схема нашего спора. Я все время пытался свести то, что говорилось, в плоскость данной схемы, полагая, что в этом суть дела. Может показаться, что наш спор бесплоден. Я полагаю, однако, что в нашем споре был большой физический смысл и что в сумме было сказано не мало ценного. Это дало возможность заострить нашу мысль и если не окончательно разрешить вопрос о природе тока, то во всяком случае продвинуть вперед анализ всего того, что имеет самое непосредственное отношение к вопросу о природе тока.

В. Ф. Миткевич.

Я скажу теперь несколько слов по поводу очень интересного доклада Я. И. Френкеля. Во-первых, я констатирую тот факт, что с точки зрения Якова Ильича проводниковый электрический ток не есть непрерывный, сплошной физический процесс, как это мною мыслится, но представляет собою лишь комбинацию, так сказать, точечных токов. В тех местах, где есть электроны, есть изолированные точечные токи. В других местах ничего нет. Это — комбинация совершенно обособленных точечных токов. Повидимому, это безусловно так?

Я. И. Френкель. Так.

В. Ф. Миткевич. Меня очень смущает некоторая недомолвка Я. И. Френкеля. Он не увязал своей мысли, касающейся энергии электромагнитного поля, с тем утверждением, которое по существу делает относительно моего основного вопроса (фиг. 8). По Я. И. Френкелю, вне электрона ничего нет, абсолютно пустое пространство! Предположим, что мы имеем какой-то контур проводника, по которому течет ток. Здесь движутся электроны. Согласимся на время с Я. И. Френкелем, что это и есть реальный процесс тока. Допустим далее, что вокруг проводника абсолютная пустота и что следовательно никакого физического процесса в этой пустоте нет.

Я. И. Френкель. Никакого процесса движения!

В. Ф. Миткевич. Ничего нет! Абсолютная пустота. Нет никакого реального физического процесса! В таком случае я задам вопрос: где находится электрокинетическая энергия этого тока? Хотя Я. И. Френкель и говорит об объемном интегрировании для получения электромагнитной энергии, но, по его мнению, это лишь удобный математический прием. Если вне проводника с током нет никакого реального физического процесса, следовательно, по Я. И. Френкелю, электрокинетическая энергия тока находится внутри

проводника. Это вытекает из общих утверждений Я. И. Френкеля, начиная от этого «ДА» (показывает на доску, где выписаны ответы на вопрос, относящийся к фиг. 8). Итак, по Я. И. Френкелю, энергия тока находится внутри проводника, а в пространстве, окружающем проводник, ничего нет! Теперь представим себе какую-либо передачу электрической энергии на большое расстояние. Я спрошу: где течет энергия, передающаяся вдоль этой линии передачи? Напоминаю: проводник в абсолютной пустоте, где ничего нет. Я. И. Френкель, очевидно, полагает, что энергия течет внутри проводника. Ничего иного нельзя себе представить с его точки зрения. Здесь кроется глубокое недоразумение и явная недоговоренность со стороны Я. И. Френкеля. Он говорил, правда, что физик должен сделать над собою усилие и привыкнуть к точке зрения *actio in distans*. Сделаем допущение, что для обычного случая, для проводника нормального, можно как-то «привыкнуть» к точке зрения Я. И. Френкеля. Но что будет, если мы возьмем сверхпроводящую линию? Предположим, что передается энергия переменного тока. Во всех точках внутри сверхпроводника H является константой. Никакого переменного магнитного поля не будет во всех точках внутри проводника. Как же это энергия переменного тока течет внутри проводника? Не могу понять. Какая-то неувязка в физических представлениях Я. И. Френкеля о природе электрического тока. Впечатление такое, что ему хочется пользоваться фарадее-максвелловскими представлениями, но он не считает возможным это открыто признать. Иначе никак невозможно объяснить то, что говорит Я. И. Френкель. Наконец, позволю себе задать еще вопрос. Если мы имеем два тока i_1 и i_2 , через что осуществляется физическое взаимодействие, механическое или индуктивное, между двумя контурами тока? Я даю известный всем присутствующим ответ. Я. И. Френкель дает такой ответ: «Без участия какого-либо промежуточного физического агента». Ни через что! Верно?

Я. И. Френкель. Верно.

В. Ф. Миткевич. Я констатирую факт. Я, пожалуй, могу этим и ограничиться. Еще только маленькое замечание по поводу того, что Я. И. Френкель говорил о некоторых приемах математического описания, как об очень «удобных» и потому, якобы, могущих лечь в основание наших физических представлений. Я думаю, что это недостаточный критерий для того, чтобы этими математическими приемами пользоваться при описании вероятной картины того, что происходит в действительности. Математически это удобно, а физического смысла в этом нет! Тут необходим другой критерий. Пока этим ограничусь.

В. Ф. Миткевич. Яков Ильич, я смущен тем, что слышал. Вы говорите, что с защищаемой мною точки зрения Фарадея-Максвелла действие распространяется с бесконечной скоростью, а с вашей точки зрения — с конечной. Я очень удивлен. Как раз именно фарадее-макс-

велловская точка зрения внесла в физику представление о конечном распространении электромагнитного действия, и опыт подтверждает теорию. Вывод Максвелла в свое время поверг в смущение всех защитников идеи действия на расстояние. Они считались только с мгновенной передачей, и всем, кто пережил эту эпоху, одно время казалось, что тут произнесен смертный приговор над *actio in distans*. Но Лорентц придумал очень красивый математический прием запаздывающего *actio in distans*, и, таким образом, удалось формально описать то, что Максвелл получил, исходя из представления об участии промежуточной среды. Итак, как раз максвелловское воззрение внесло в науку представление о конечной скорости распространения электромагнитных действий, а точке зрения *actio in distans* пришлось изобрести корректив для того, чтобы спастись и иметь возможность математически увязаться с тем, что Максвелл получил, исходя из представления о промежуточной среде. В общем то, что Я. И. Френкель сказал в своем последнем выступлении, клонится к тому, что можно рассуждать и так, можно рассуждать и иначе, т. е. что обе точки зрения математически абсолютно эквивалентны. Но ведь это совершенно не относится к теме нашей беседы и потому никого сейчас не должно сколько-нибудь интересовать. Я уже говорил, что не согласен с П. С. Эренфестом, который полагал, что специальным экспериментом можно показать справедливость одной или другой из точек зрения. Математически они всегда будут эквивалентны. Лорентц наглядно показал, как можно в случае надобности дополнить некоторую точку зрения, когда необходимо объяснить новые факты. Я не спору, быть может, необходимо внести некоторые дополнения и в фарадее-максвелловскую точку зрения, чтобы все хорошо объяснить. Всякое новое достижение в области физики может повлечь за собою некоторый корректив, ничего не меняющий в существе данной точки зрения. Суть дела в том, что одна точка зрения физически состоятельна, а другая в этом отношении очень грешит и приводит к физическому абсурду. Я очень рад, что оказываюсь не в единственном числе, что выступавшие здесь философы в основном присоединились ко мне. Итак, точка зрения *actio in distans* физически несостоятельна, как указал еще Ньютон. А Ньютон как будто бы является некоторым авторитетом для нас. Великий математик и великий физик! Как математик он с успехом пользовался идеей *actio in distans*, но как физик он говорит — «это абсурд». Я. И. Френкель говорил об условной возможности локализации энергии. Конечно, это есть лишь формально математический ответ на вопрос, касающийся природы физического явления — электрического тока. Все-таки в конце концов, по существу, у Я. И. Френкеля остается то, что вокруг проводника с током абсолютно никакого физического процесса нет. Абсолютная пустота! Если в данном элементе объема вокруг проводника с током есть физический процесс, то мы обязаны признать, что там есть нечто реальное. Математик, конечно, может говорить иначе, а физик не может иначе говорить. Энергия есть реальный физический агент. Если в пространстве вокруг проводника с

током нет никакого физического процесса, то, следовательно, там не может быть локализована какая-либо энергия. Следовательно, с точки зрения Я. И. Френкеля, электрокинетическая энергия тока содержится внутри проводника. Так выходит из его основных положений (ответ «ДА»). Мы ясно видим, однако, что у Я. И. Френкеля есть в то же время тенденция использовать некоторые весьма удобные для него как математика представления Фарадея и Максвелла. Я. И. Френкель не может обойтись без максвелловского объемного интеграла энергии, распространенного по пространству, окружающему проводник с током, рискуя в противном случае обязательством открыто утверждать, что электрокинетическая энергия тока локализована внутри проводника. Правда, он не хочет сказать этого ясно и определенно. Я за него это говорю! Итак, в физических представлениях Я. И. Френкеля о природе электрического тока встречаются глубокие противоречия, которые являются следствием его стремления видеть в идее *actio in distans* нечто большее, чем простой математический прием.

Я должен кончать, потому что уже поздно. В заключение позволю себе воспользоваться образным научным языком, на котором во время первой беседы выражали свои мысли Я. И. Френкель и А. Ф. Иоффе. Я. И. Френкель упрекал меня в том, что я, как бы увлекаясь идеей о каком-то «чорте», стремлюсь решить вопрос, есть ли у чорта хвост или нет. Теперь я каюсь: действительно, я ловил долгое время; многие годы, и во время наших трех бесед продолжал ловить «чорта». Этот «чорт» есть *actio in distans*! Мне кажется, что я его, наконец, уловил, что я оборвал ему «хвост», так что он теперь «без хвоста». А. Ф. Иоффе рассказывал нам красивую басню о медведе и неосторожном охотнике. Я полагаю, что эти образы хорошо олицетворяют те непримиримые точки зрения, которые столкнулись здесь во время наших бесед о природе электрического тока. Какая точка зрения есть медведь, а какая — неосторожный охотник, об этом я предоставляю судить присутствующим.

IX

ВЫДЕРЖКИ ИЗ СТАТЬИ «К ВОПРОСУ О ПРИРОДЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА»¹

1. При описании разного рода явлений мы нередко пользуемся терминологией, исторически сложившейся в условиях недостаточного полного понимания природы этих явлений. По инерции мы продолжаем обычно применять подобную терминологию и тогда, когда общий прогресс знаний уже с очевидностью свидетельствует о том, что она в большей или меньшей степени не соответствует действительности. В целом ряде случаев от этого не происходит никаких недоразумений. Мы, например, говорим: «солнце всходит и заходит», отдавая себе полный отчет в том, что на самом деле этого нет и нам только так кажется. При быстрой езде на автомобиле или при полете на аэроплане в безветренную погоду мы, пользуясь обычным языком, говорим: «ветер дует нам в лицо», и это несколько не мешает нам совершенно ясно понимать, о чем идет речь. Иногда, однако, старая привычная терминология как бы гипнотизирует нас, удерживая во власти ошибочных точек зрения, и таким образом тормозит правильную оценку вновь открываемых фактов. В этом отношении один из наиболее ярких примеров мы имеем в случае электромагнитного явления, называемого электрическим током.

2. «Из двух предположений, весьма обычно принимаемых в настоящее время, о магнитных жидкостях и об электрических токах первое необходимо признать ошибочным, а быть может и оба ошибочны».² Это суждение было высказано Фарадеем еще в 1854 г. в результате тщательного анализа всего известного ему из области электромагнитных явлений. Однако многое из того, что совершенно отчетливо было понято Фарадеем, этим величайшим физиком-мыслителем, до настоящего времени недостаточно оценено и, вообще говоря, почти совершенно не нашло себе отражения в последующей работе других физиков, между тем как накопление новых опытных материалов, казалось бы, диктует настоятельную необходимость, так сказать, реконструировать наши представления об «электрическом

¹ «Социалистическая реконструкция и наука», 1932, № 3.

² Faraday. Experimental Researches in Electricity. § 3303.

токе» и попытаться вложить в этот старый термин новое содержание, более соответствующее действительности.

Необходимость коренного пересмотра наших основных представлений об электрическом токе вполне ясно ощущал также Энгельс, который в своей «Диалектике природы» заканчивает главу, посвященную электричеству, следующими словами: «И действительно, учение о гальванизме, а за ним и учение о магнетизме и статическом электричестве может получить твердую основу только в химически-точной генеральной ревизии всех традиционных не проверенных, основывающихся на оставленной наукой точке зрения, опытов и в тщательном исследовании превращения энергии, с устранением на время всех традиционных теоретических представлений об электричестве». (Разрядка автора настоящей статьи.)

Приведенные строки были написаны Энгельсом в период 1878—1882 гг. Он пришел к своему заключению на основании критического рассмотрения, главным образом, области электрохимических явлений и, собственно говоря, совершенно не касался явлений электромагнитных, которые дали Фарадею повод высказать мнение, приведенное выше. Энгельс совершенно самостоятельно пришел к констатированию неудовлетворительности установившихся воззрений на сущность электрических и магнитных явлений. Тем ценнее это полное совпадение основных выводов Фарадея и Энгельса, которые оба стремились при анализе явлений природы возможно более освободиться от предвзятых точек зрения и оба в высокой степени ясно сознавали, насколько вредно для прогресса науки слепое подчинение традиции.

Цель настоящей статьи заключается в некоторой систематизации современных и старых материалов, которые необходимо принять во внимание при пересмотре вопроса об электрическом токе.

3. Во всем дальнейшем мы будем строго придерживаться фарадее-максвелловской точки зрения, допускающей *actio in distans*, т. е. действие на расстоянии, только в качестве формально-математического метода описания физических явлений и признающей, что на самом деле все взаимодействия в реальном мире физических явлений и, в частности, электрические и магнитные взаимодействия совершаются не иначе, как при обязательном участии среды, окружающей взаимодействующие центры и находящейся между ними. Вопрос о правильности фарадее-максвелловской точки зрения и о ее соответствии тому, что совершается в действительности, имеет принципиальное значение. До последнего времени, однако, в физике точка зрения *actio in distans* имеет еще очень много приверженцев. Так, например, общераспространенная электронная теория рассматривает действие на расстоянии как первичное физическое явление и, вообще говоря, не считается с участием промежуточной среды. Непримируемость этих двух точек зрения весьма рельефно выявилась, между прочим, во время трех диспутов на тему о природе электрического тока, имевших место в 1929 и 1930 гг. в стенах Ленинградского политехниче-

ского института.¹ С целью возможно глубже вскрыть истинные корни существующих разногласий автор настоящей статьи, принимавший участие в упомянутых диспутах, сформулировал в развитие высказывавшихся им ранее мыслей нижеследующие десять вопросов:

Вопрос 1. Может ли физическое явление² протекать вне пространства и времени?

Вопрос 2. Может ли физическое явление протекать без всякого участия в нем какой-либо физической субстанции, представляющей собою носителя свойств, обнаруживаемых в явлении?

Вопрос 3. Может ли физическая субстанция не иметь пространственного распределения?

Вопрос 4. Может ли физическая субстанция в целом или отдельные ее части, сколь бы малы они ни были, не занимать никакого объема?

Вопрос 5. Можно ли рассматривать энергию, как нечто, не являющееся ни самостоятельной физической субстанцией,³ ни каким-либо состоянием или свойством некоторой физической субстанции?

Вопрос 6. Может ли энергия (в том или ином ее понимании) не иметь пространственного распределения?

Вопрос 7. Может ли какая-либо физическая субстанция или энергия возникнуть в некотором объеме из ничего или превратиться в ничто?

Вопрос 8. Может ли физическая субстанция или энергия возникнуть в объеме, в котором их не было, или прекратить существование в объеме, в котором они перед тем были, иначе как путем пространственного перемещения извне внутрь этого объема или изнутри этого объема наружу?

Вопрос 9. Может ли некоторое тело (например, наэлектризованное) притти в движение в связи с приближением к нему другого тела (также, например, наэлектризованного), если при этом энергия ни в каком виде не притекает извне в объем, занимаемый первым телом?

Вопрос 10. Может ли точка зрения «*actio in distans*», т. е. «действия на расстоянии», рассматриваться не как математический метод, пригодный для формального описания какого-либо физического явления, а как основное воззрение, имеющее непосредственное отношение к существу физического явления?

¹ См. стенограмму этих диспутов в журнале «Электричество», 1930, №№ 3, 8 и 10.

² Во избежание разного рода философских дебатов на тему о том, что мы должны понимать под термином «физическое явление», условимся иметь в виду явления, трактуемые, например, в пяти томах «Курса физики» О. Д. Хвольсона.

³ Категорически, конечно, отрицая самостоятельное существование энергии (без материи), автор счел целесообразным допустить такую формулировку в вопросе 5 для того, чтобы сосредоточить внимание только на «физическом действии на расстоянии» и чтобы не дать возможности защитникам этой псевдофизической точки зрения как-либо уклониться в сторону от основной цели, преследуемой данными вопросами 1—10. (Примечание, добавленное в 1939 г.)

Совокупность безоговорочных и четких ответов «нет» на все десять вопросов выражает собою признание участия промежуточной среды, т. е. принятие фарадее-максвелловской точки зрения. Ответ «да» хотя бы на один из этих вопросов или недостаточно категорический ответ «нет» неизбежно приводит нас прямо или косвенно к допущению действия на расстоянии в качестве первичного явления. Физическая несостоятельность подобного воззрения весьма определенно охарактеризована Ньютоном в нижеследующих словах (см. третье письмо Ньютона к Бентлею): «Что тяготение должно быть врожденным, присущим и необходимым свойством материи, так как одно тело может взаимодействовать с другим на расстоянии через пустоту без чего-то постороннего, при посредстве чего и через что их действие и сила могут быть передаваемы от одного к другому, — это мне кажется столь большим абсурдом, что я не представляю себе, чтобы кто-либо, владеющий способностью компетентно мыслить в области вопросов философского характера, мог к этому прийти. Тяготение должно обуславливаться каким-то агентом, действующим постоянно, согласно известным законам...»

О. Д. Хвольсон в I томе своего «Курса физики» по тому же поводу говорит: «Термином *actio in distans*, т. е. действие на расстоянии, обозначается одно из наиболее вредных учений, когда-либо господствовавших в физике и тормозивших ее развитие...».

В связи со всем вышесказанным мы имеем достаточное основание решительно отвергнуть точку зрения действия на расстоянии при рассмотрении вопросов, касающихся природы электрического тока. Мы будем трактовать сущность процесса, происходящего в цепи какого-либо электрического тока, исключительно с точки зрения участия промежуточной среды. Полная обоснованность физического содержания этой точки зрения была доказана всей научной деятельностью Фарадея и блестящей математической интерпретацией его идей, данной Максвеллом.

4. «Электрический ток не может быть рассматриваем иначе, как явление кинетическое. Даже Фарадей, который постоянно стремился освободить свою мысль от влияния представлений, невольно вызываемых выражениями «электрический ток» и «электрическая жидкость», говорит об электрическом токе как «о чем-то продвигающемся, а не о простом расположении».¹ Этими строками Максвелл начинает § 569 своего «Трактата об электричестве и магнетизме». Действительно, представление об электрическом токе как о физическом явлении, в котором мы имеем дело с каким-то движением, необходимо рассматривать как нечто, наиболее бесспорное из всего того, что мы знаем о природе тока. Максвелл, особенно обстоятельно анализировавший ряд следствий, вытекающих из кинетической природы тока, и опиравшийся при этом на идеи и экспериментальные исследования Фарадея, между прочим, так выражается по поводу движений электро-

магнитного характера, которые происходят в системе (двух) токов: «...Эта движущаяся материя, какова бы она ни была, не ограничивается объемом проводников, несущих два тока, но, вероятно, простирается по всему пространству, окружающему их».¹ В высокой степени характерно, что Фарадей, открывший законы электролиза и тем самым, казалось бы, в достаточной степени убедительно показавший, что представление о движении электричества внутри проводника, несущего ток, имеет непосредственное отношение к действительности, все же устремляет свой взор в пространство, окружающее проводник, когда в связи с анализом явлений электромагнитной индукции ищет ответа на вопрос об основных и наиболее общих свойствах электрического тока. Мысль Фарадея очень напряженно работала в указанном направлении, и на этой почве у него возникло представление об особом «электротоническом»² состоянии среды в пространстве, окружающем проводник с током, т. е. там, где распределен магнитный поток, органически связанный с током, и где находится вся электрокинетическая энергия тока, в точности равная, как показал Максвелл, энергии этого магнитного потока. Самый проводник, по которому течет электрический ток, Фарадей склонен был рассматривать как «axis of power», т. е. как некоторую ось, вокруг которой соответствующим образом ориентирован основной энергетический процесс, теснейшим образом связанный с магнитным потоком (самоиндукции или взаимной индукции).

Все современные достижения науки об электромагнитных явлениях в полной мере подтверждают ту существенно важную мысль, что в явлении электрического тока кинетический процесс ни в коем случае не ограничивается объемом проводника, но происходит и в пространстве, его окружающем. Даже более того: можно считать достоверным, что в процессе передачи электрической энергии по проводам доминирующую роль играет именно движение, которое имеет место в диэлектрике, окружающем проводник. Передаваемая энергия течет не внутри проводов, но вдоль проводов через диэлектрик, их окружающий. То движение электричества, которое несомненно обычно (при $r \neq 0$) происходит в объеме проводников и которое имеет самую тесную связь с электромагнитным процессом в целом, в отношении передачи электрической энергии, повидимому, само по себе не играет никакой роли.

5. В полном соответствии с общими идеями Фарадея, Максвелл установил, как известно, принцип непрерывности электрического тока, гласящий, что всякий электрический ток есть процесс, который мы обязательно должны ассоциировать с некоторым замкнутым контуром, являющимся «осью» процесса. Пользуясь обычной терминологией, мы можем сказать, что всякий электрический ток протекает по замкнутой цепи. Токов, протекающих по незамкнутой цепи, не существует. В отдельных случаях нам может казаться, что цепь тока разомкнута,

¹ Maxwell. Treatise on Electricity and Magnetism. § 572.

² Faraday. Experimental Researches in Electricity. §§ 60, 71, 231, 242, 3114, 1661, 1729, 3172, 3269.

¹ Something progressive, and not a mere arrangement (Faraday, Experimental Researches in Electricity. § 283).

но в действительности, по Максвеллу, этого не бывает. Например, представим себе обычный металлический проводник, концы которого присоединены к обкладкам некоторого конденсатора. При возникновении в какой-либо части металлического проводника постоянной электродвижущей силы по этому проводнику потечет ток, заряжающий конденсатор, и, во все время процесса заряжения его, через диэлектрик, разделяющий обкладки конденсатора, согласно теории Максвелла, будет течь ток электрического смещения в направлении, так согласованном с направлением проводникового тока, что в результате мы будем иметь замкнутую цепь полного тока в рассматриваемой системе. Когда упругая деформация электрического смещения в диэлектрике достигнет максимального значения, определяемого величиной электродвижущей силы, ток смещения прекратится. В тот же момент прекратится и проводниковый ток, так как разность потенциалов между обкладками конденсатора сделается по абсолютной величине равной электродвижущей силе и уравнивает ее. Таким образом, в случае неполной проводниковой цепи при $\epsilon = \text{const}$ мы не можем получить длящегося сколь угодно долго постоянного тока, как это было бы при наличии полной проводниковой цепи с сопротивлением, не равным нулю. Если, далее, электродвижущая сила в рассматриваемой цепи прекратит свое существование, то упругая деформация смещения в диэлектрике начнет убывать, и это, по теории Максвелла, будет сопровождаться появлением между обкладками конденсатора тока смещения обратного направления, согласованного с обратным током в соединяющем обкладки конденсатора металлическом проводнике. Мы обычно описываем этот процесс, говоря, что конденсатор разряжается. Максвелл установил количественные законы, характеризующие токи электрического смещения. В каждый данный момент сила проводникового тока, протекающего через поперечное сечение металлического проводника, будет в точности равна силе тока смещения, протекающего через поперечное сечение диэлектрика конденсатора, и так как направления этих токов всегда строго согласованы, принцип непрерывности тока в цепи будет неизменно соблюдаться.

Ток, протекающий по металлическому проводнику, принято в настоящее время рассматривать как течение электронов в объеме проводника. Получающиеся с этой точки зрения количественные соотношения не подлежат ни малейшему сомнению. Что же касается тока электрического смещения, то мы не умеем описывать его на языке электронной теории. Только в самое последнее время делаются некоторые попытки в этом направлении.¹ Во всяком случае необходимо в связи с представлением об электрическом смещении считаться со следующими словами Максвелла:² «Что бы ни представляло собою электричество и как бы мы ни понимали движение электричества,

¹ Alex. V é r o n n e t. Théorie électronique de l'éther de la lumière, de l'électromagnétisme et de la gravitation. «Revue Général de l'Électricité», 1931, t. XXIX, pp. 651 et 702.

² M a x w e l l. Treatise on Electricity and Magnetism. § 62.

явление, которое мы назвали электрическим смещением, есть движение электричества в том же смысле, как и перенос определенного количества электричества по проводнику представляет собою движение электричества; различие только в том, что в диэлектрике имеет место сила так называемой электрической упругости, которая действует против электрического смещения и принуждает электричество двигаться обратно, когда электродвижущая сила перестает действовать; в то же время в проводнике электрическая упругость непрерывно уступает под действием электродвижущей силы, так что возникает действительный проводниковый ток...»

Пуанкаре,¹ излагая теорию Максвелла и касаясь электрического смещения, указывает, что то электричество, которое согласно этой теории мы должны представлять себе смещающимся в процессе установления электрической упругой деформации в эфире, т. е. в так называемой «пустоте», представляет собою нечто, отличающееся от обычно рассматриваемого электричества. Быть может это и так, а быть может, что более вероятно, намечающаяся теперь эволюция наших представлений о природе электрона приведет к устранению кажущегося различия между двумя видами «электричества». Дело в том, что примитивная электронная теория, отмежевывающаяся от основных идей Фарадея и Максвелла, до последнего времени оперировала с электронами, рассматриваемыми как некоторые элементарные корпускулы, строго ограниченного объема, обладающие врожденной способностью взаимодействовать одна с другой на расстоянии, через ничто. С этой точки зрения, движущиеся электроны представляют собою, так сказать, точечные токи, друг с другом не связанные непрерывно; причем, конечно, не может быть и речи о максвелловском принципе непрерывности тока. Но эта примитивная электронная теория начинает претерпевать метаморфозу, обнаруживающую здоровые симптомы сближения с фарадес-максвелловской точкой зрения. Именно, в связи с развитием волновой механики, с одной стороны, и на основе экспериментальных данных из области дифракции электронов, с другой стороны, вырастает представление об электроне как о некотором центре сложного электромагнитного процесса, происходящего в пространстве. Таким образом, электрон теряет резко очерченные границы, как бы расплывается в окружающем пространстве и по природе своей сближается с тем, что вообще имеет место в этом пространстве, т. е. в первичной физической субстанции (эфире).²

Принцип непрерывности тока лежит в основе целого ряда важных соотношений, которыми характеризуется электромагнитное поле, и справедливость его в полной мере подтверждается всей совокупностью

¹ H. P o i n c a r é. Électricité et Optique, 1901.

² Говоря об эфире как о первичной физической субстанции, мы, конечно, должны это понимать в том смысле, что на данном этапе наших физических знаний представление об эфире является некоторым пределом конкретизации наших общих представлений о материи (Примечание, добавленное в 1939 г.).

оправдывающихся на опыте следствий, вытекающих из максвелловской теории. Математическую формулировку этого принципа можно представить в следующем виде:

$$\int_s J \cos \alpha \, ds = 0,$$

где J есть плотность электрического тока в некоторой точке произвольной замкнутой поверхности s , α — угол между вектором тока и внешней, например, нормалью к поверхности в данной точке, а интегрирование производится по всей этой замкнутой поверхности. Следовательно, полный ток сквозь любую замкнутую поверхность равен нулю; другими словами, сила тока, протекающего сквозь эту произвольно взятую поверхность в направлении снаружи внутрь, в точности равна силе тока, протекающего сквозь соответствующие участки той же поверхности в обратном направлении, т. е. изнутри наружу.

6. Как известно, всякий электрический ток органически связан с магнитным потоком, который обычно называется потоком самоиндукции. Этот магнитный поток, сцепляющийся с контуром тока, является весьма существенным и совершенно неотъемлемым признаком тока. Можно себе представить электрический ток в проводящей цепи при полном отсутствии электродвижущей силы, при отсутствии электрических сил в объеме проводника и каких бы то ни было разностей потенциалов между отдельными его сечениями, при отсутствии, наконец, обычного течения электронов в объеме проводника. Мы имеем в виду случай постоянного тока в сверхпроводящей цепи, т. е. при $r = 0$. Единственным, неизменным и безусловно всегда наблюдаемым признаком тока является его магнитный поток самоиндукции. Представить себе электрический ток, не связанный с магнитным потоком, мы абсолютно не в состоянии. Подобного тока в природе не существует. Так называемый закон магнитодвижущей силы отражает в себе сказанное выше о внутреннем единстве магнитного потока и связанного с ним тока. Закон этот математически формулируется, как известно, следующим образом:

$$\int H \cos \alpha \, dl = 4\pi i,$$

где линейный интеграл магнитной силы H берется вдоль произвольного замкнутого контура и i есть полный ток, проходящий сквозь контур интегрирования в положительном направлении. Если за контур интегрирования избрать контур некоторой магнитной линии потока самоиндукции данной цепи тока, то будем иметь:

$$\cos \alpha = 1,$$

и закон магнитодвижущей силы принимает следующий упрощенный вид:

$$\int H \, dl = 4\pi i$$

Таким образом, наличие тока i эквивалентно наличию потока самоиндукции (Φ). Отсутствие потока самоиндукции свидетельствует об отсутствии тока в данной цепи. Это — основное, принципиальное положение. Линейный интеграл магнитной силы вдоль замкнутого контура есть не что иное, как мера силы тока сквозь этот контур. Коэффициент 4π есть случайный результат неудачного выбора единиц, которыми мы обычно пользуемся. Рационализовав эти единицы, можно совершенно исключить 4π из рассматриваемого соотношения. Выражая, например, силу тока в единицах Хевисайда, мы получаем наиболее простую форму соотношения, характеризующего силу тока через физические свойства магнитных линий потока самоиндукции:

$$i = \int H \, dl$$

Производя же интегрирование вдоль контура, не в точности совпадающего с контуром магнитной линии, мы в хевисайдовых единицах получаем:

$$i = \int H \cos \alpha \, dl$$

Однако, в силу чисто исторических причин эту же силу тока мы обычно выражаем скоростью протекания электричества через любое поперечное сечение цепи тока и пишем:

$$i = \frac{dq}{dt},$$

имея в виду, в случае проводникового тока, количество электричества, суммирующееся из зарядов электронов и ионов, текущих по цепи. Односторонность и даже возможную ошибочность такого взгляда на явление, называемое электрическим током, мы попытаемся в дальнейшем выяснить.

7. Представление о магнитном потоке явилось результатом работ Фарадея, которого мы по существу должны считать основателем учения о физических свойствах магнитного потока вообще. С самого начала и до последних дней своей научной деятельности он не переставал всесторонне исследовать природу магнитного поля и, базируясь на категорическом отрицании действия на расстоянии, он пришел к представлению о «физических силовых линиях» магнитного поля, которые мы можем в дальнейшем называть просто магнитными линиями. В полном соответствии с представлениями Фарадея мы будем разуметь под термином «магнитная линия» реально существующий нитеобразный элемент магнитного потока, т. е. элементарную трубку магнитной индукции. Согласно Кельвину и Максвеллу, при математическом описании магнитного поля в качестве такой элементарной трубки фигурирует единичная трубка магнитной индукции. Итак, если придерживаться фарадее-максвелловской точки зрения, то мы обязаны представлять себе магнитное поле как пространство, в котором распределен реально существующий магнитный поток, являющийся совокупностью магнитных линий. Замечательно, что все основ-

ные свойства магнитных линий в высокой степени подобны свойствам гельмгольцевских вихревых нитей в безграничной идеальной жидкости. По Кельвину и Максвеллу, магнитные линии представляют собой именно некоторые вихревые нити.

На основании своих многочисленных экспериментов Фарадей установил принцип непрерывности магнитного потока, согласно которому каждая магнитная линия образует неизменно замкнутый контур. В разного рода электродинамических процессах магнитные линии могут претерпевать какие угодно преобразования,¹ но только не разрыв. Физика не знает случаев, когда мы имели бы дело с незамкнутым контуром магнитной линии, с обнаженными концами ее. Таковые концы магнитных линий мы должны были бы воспринимать как действительные магнитные полюсы, но их не существует в природе, и самая мысль об этом представляется в настоящее время абсурдной.

Со стороны некоторых современных физико-математиков, не стоящих на фарадеевской точке зрения, делаются попытки формально опровергнуть принцип непрерывности магнитного потока. Так, например, Я. Н. Шпильрейн² в одной своей работе, посвященной этому вопросу, приходит к заключению, что с формальной точки зрения возможно себе представить случай, когда магнитная линия не будет замкнута и когда, следовательно, будет иметь место разрыв ее. Он при этом не договаривает, что в таком случае мы будем иметь дело с реальным магнитным полюсом. Все рассуждения Я. Н. Шпильрейна по существу сводятся к утверждению, что отношение между силами двух токов может непрерывно изменяться как угодно и, в частности, может быть иррациональным числом, т. е. числом, которое не является отношением между какими-либо двумя целыми числами. Это эквивалентно утверждению, что сила тока ни в каком случае не квантуется и может принимать какие угодно значения. В настоящее время подобное утверждение в высокой степени рискованно и, повидимому, оно совершенно не соответствует природе явлений. Наоборот, анализ электромагнитных явлений привел современную физику к представлению о квантовании как об основном моменте разного рода процессов, относящихся к этой области, и потому трудно себе представить, чтобы явление, называемое нами электрическим током, было изъято из закона квантования.

Объективно подходя к оценке установленного Фарадеем представления о реально существующих нитеобразных элементах магнитного потока, мы должны будем признать, что физическое содержание этого представления в целом именно является первым по времени указанием на квантование в области электромагнитных явлений, и все, что за последнее время сделано наукой в этом отношении,

¹ В. Ф. Миткевич. О преобразованиях магнитного потока. Доклады Академии Наук СССР, А, 1929, стр. 131.

² Jean Spielrein Über ungeschlossene Wirbellinien, «Archiv für Elektrotechnik», В. XVIII, 1927, S. 366. См. также: И. Е. Тамм. «Основы теории электричества», т. I, 1929, стр. 228, 229 и 230.

является по существу лишь дальнейшим логическим развитием того миропонимания, фундамент которого был заложен трудами Фарадея. Как показал Максвелл, магнитный поток в целом играет роль некоторого момента количества движения во всяком электрокинетическом процессе. Условной единичной трубке магнитной индукции мы должны приписать электрокинетический момент количества движения, равный единице. Конечно, реально существующей магнитной линии мы должны приписать некоторый иной, но тоже неизменный, момент количества движения, который гораздо меньше единицы, принимаемой в абсолютной электромагнитной системе. Замечательно однако то, что этот элементарный момент количества движения абсолютно не зависит от формы и размеров данной замкнутой магнитной линии. Это есть некоторая определенная константа, которая характеризует физическую сущность магнитной линии. Трудно отрешиться от мысли, что не простой лишь случайностью объясняется то обстоятельство, что планковская постоянная h также имеет характер некоторого элементарного момента количества движения. Это знаменательное совпадение было впервые отмечено М. В. Шулейкиным.

8. В области теоретической механики мы начинаем с изучения движений материального тела в пустоте, т. е. при полном отсутствии какой-либо среды, могущей оказывать сопротивление движению тела. В таком случае свойства материальной инерции выступают особенно рельефно и мы можем в самом чистом виде изучать различные основные проявления кинетической энергии движущегося тела. Это есть простейший случай движения материальной системы, причем постоянная скорость движения может иметь место только при полном отсутствии приложенной к телу внешней механической силы (движущей силы). В достаточной степени освоившись со всем, что происходит при отсутствии сопротивления среды, мы затем с полным сознанием всех существенных сторон этого процесса переходим к рассмотрению случая движения материального тела в какой-либо среде, наличие которой сильно изменяет общие условия изучаемого движения. Мы знаем, в частности, что в этом случае для получения постоянной скорости движения необходимо приложить к телу непрерывно действующую постоянную движущую силу. Если бы мы начинали изучать движение материального тела, исходя из случая достаточно вязкой среды, в которую помещено рассматриваемое тело, то основные законы динамики материальной системы были бы в высокой степени замаскированы привходящими обстоятельствами, связанными с сопротивлением среды, и потребовались бы значительные усилия для того, чтобы суметь отвлечься от различных вторичных сопровождающих явлений и выдвинуть на первый план принципиальные свойства движущейся системы. К счастью, наблюдение многих явлений природы и надлежащим образом поставленный эксперимент позволяют нам без всяких затруднений исследовать реальный процесс движения материального тела при отсутствии или, точнее сказать, при почти полном отсутствии сопротивления среды. Мы привыкли совершенно отчетливо разбираться в основных законах динамики, исходя из

простейших случаев. Но если бы человечество существовало в некоторой достаточно вязкой среде, от которой оно не умело бы освободиться и за пределами которой оно не могло бы ничего наблюдать, то весьма возможно, что, изучая движение материального тела в обычной обстановке, мы привыкли бы смотреть на добавочные движения сопротивляющейся среды и на обусловленный наличием среды постоянный расход энергии при движении в ней некоторого тела как на существенную и принципиально неотъемлемую сторону изучаемого движения. Нечто в высокой степени аналогичное мы можем констатировать в отношении наших традиционных представлений об электрическом токе, протекающем, например, по некоторой проводниковой цепи, сопротивление которой обычно не равно нулю. Мы очень склонны рассматривать как нечто весьма существенное и имеющее принципиальное значение в вопросе о природе тока то движение электронов, которое несомненно имеет место в объеме обыкновенного проводника и обуславливает выделение джоулева тепла. Нам чрезвычайно трудно отказаться от подобной точки зрения, и это кажется совершенно невозможным. Все это происходит вследствие того, что до последнего времени мы не знали проводников, лишенных способности преобразовывать энергию электромагнитного процесса в тепло, т. е. в энергию беспорядочного движения элементов вещества в объеме проводника. Мы привыкли рассуждать только о таком токе, который нагревает проводники цепи, и создали терминологию применительно к данной обстановке, благодаря чему нам очень трудно отрешиться от установившихся взглядов, когда мы пытаемся понять основные процессы, происходящие в простейшем случае электрического тока, т. е. тока в сверхпроводнике.

В настоящее время проводник, у которого $r=0$, не есть нечто воображаемое, нереальное. В 1911—1914 гг. Камерлинг-Оннес открыл, что некоторые металлы (например, ртуть, свинец и др.), будучи сильно охлаждены, до температуры всего лишь в несколько градусов от абсолютного нуля, внезапно делаются сверхпроводящими, т. е. их электрическое сопротивление становится практически равным нулю. В цепи, составленной из сверхпроводников, Камерлинг-Оннесу удалось возбудить ток, который затем при полном отсутствии какой бы то ни было электродвижущей силы сохранялся, практически не ослабевая, в течение ряда часов. Таким образом, теперь уже есть возможность получать самый настоящий электрический ток в сверхпроводящих цепях. Это несомненно есть наиболее простой случай электрокинетического процесса, называемого током. Ясно, конечно, что основные свойства электрического тока должны выявляться на этом простейшем случае весьма рельефно, не будучи замаскированы привходящими обстоятельствами. Следовательно, именно на токе в сверхпроводящей цепи необходимо сосредоточить наше внимание, если мы считаем своевременным пересмотреть вопрос о природе тока и по возможности приблизиться к пониманию того, что имеет особое существенное значение в этом электромагнитном явлении.

9. Вопрос об электрическом токе в сверхпроводящем слое был

в общих чертах рассмотрен еще Максвеллом.¹ Сущность основных положений, установленных им, можно сформулировать следующим образом.

а) Нормальная составляющая магнитной индукции сохраняет постоянное значение во всех точках сверхпроводящего слоя.

б) Если сверхпроводящий слой образует замкнутую поверхность, никакие изменения магнитного поля вне этой поверхности не могут влиять на величину магнитной индукции внутри объема, ограничиваемого этой поверхностью.

в) Объем, ограниченный со всех сторон сверхпроводящим слоем, оказывается совершенно непроницаемым для магнитных линий внешнего (по отношению к данному объему) потока.

Через 40 лет после установления Максвеллом этих положений они были полностью подтверждены непосредственными опытами Камерлинг-Оннеса, которому удалось, наконец, реально осуществить сверхпроводник.

Как непосредственное следствие результатов, к которым пришел Максвелл, и в полном согласии с экспериментальными достижениями Камерлинг-Оннеса, мы можем к трем вышеприведенным положениям добавить еще следующие положения.

г) Если некоторый объем заполнен сверхпроводящим веществом, во всех точках этого объема магнитная индукция и магнитная сила неизменно сохраняют свою величину, т. е. имеют место соотношения:

$$B = \text{const}$$

$$H = \text{const.}$$

д) Магнитный поток, сцепляющийся с некоторым контуром, полностью состоящим из сверхпроводника, неизменно сохраняет свою величину и не может быть изменен никакими физическими воздействиями.²

10. Анализируя различные случаи электрического тока, «протекающего» по сверхпроводнику, мы встречаемся с целым рядом обстоятельств, не вполне гармонирующих с нашими традиционными представлениями об этом электрокинетическом процессе. В случае сверхпроводников особенно ярко выступает на первый план роль магнитного потока самоиндукции, как некоторого основного фактора, определяющего собою общий характер процесса, называемого электрическим током. Исходя из рассмотрения потока самоиндукции, мы всегда можем элементарно просто получить количественные соотношения, которыми определяется электрический ток в сверхпроводя-

¹ Maxwell. Treatise on Electricity and Magnetism. §§ 654, 655.

² Lippman. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences (Paris), t. 168, 1919, p. 73; В. Ф. Миткевич. О природе электрического тока. Труды 8-го Всеросс. электр. съезда, 1921, вып. I, стр. 99. Перепечатка в журнале «Телеграфия и телефония без проводов», 1922, № 15. См. также: Второй диспут о природе электрического тока, журнал «Электричество», 1930, № 8 и «Физические основы электротехники», 3-е изд., 1933, стр. 119 и 120.

щей цепи. Сказанное полностью приложимо и к основному опыту Камерлинг-Оннеса, который индуктировал ток в замкнутой сверхпроводящей цепи (из свинцовой проволоки). До охлаждения этой проволоки, т. е. когда сопротивление ее еще не было равно нулю, он располагал замкнутую цепь во внешнем магнитном поле так, чтобы с нею сцеплялся определенный поток Φ_0 . Проволока далее охлаждалась до температуры кипящего гелия, причем сопротивление ее становилось равным нулю, и затем сверхпроводящая цепь удалялась от источника внешнего магнитного поля. Магнитный поток, сцепляющийся с контуром проводника, при этом сохраняется неизменным по своей величине, но только теперь он воспринимается наблюдателем как поток самоиндукции (Φ_s), связанный с индуктированным током i . Обозначая коэффициент самоиндукции цепи через L , мы можем, таким образом, написать:

$$\Phi_s = \Phi_0 = Li,$$

откуда получаем:

$$i = \frac{\Phi_s}{L}.$$

Это есть простейший и совершенно точный метод определения силы тока, индуктированного в сверхпроводящей цепи.

18. Необходимо обратить особенное внимание на то обстоятельство, что движение электронов и ионов в объеме проводника имеет непосредственно отношение, повидимому, только к процессу преобразования электромагнитной энергии в джоулево тепло. Превращение кинетической энергии частиц вещества проводника следует рассматривать именно как результат движения электронов и ионов под влиянием и за счет притекающей к проводнику электромагнитной энергии. Если в проводнике джоулево тепло не выделяется, то нет никаких оснований говорить об особом движении электронов и ионов при прохождении тока. Следовательно, надо полагать, что в случае электрического тока в сверхпроводящей цепи, когда джоулево тепло не выделяется, отсутствует и соответствующее движение электронов вдоль цепи. В таком случае становится понятным, почему электронная теория оказалась совершенно несостоятельной при объяснении явлений, протекающих в сверхпроводниках. По всей вероятности, явления эти выходят из рамок того, что может быть формально описано на языке электронной теории, область которой при описании электрической проводимости ограничивается случаями, когда выделяется джоулево тепло, т. е. когда сопротивление цепи не равно нулю.

В связи со всем вышеизложенным можно высказать и некоторые предположения относительно вопроса о критическом магнитном поле и о критической силе тока, при которых сверхпроводник теряет свои особенные свойства и начинает нагреваться под действием тока. Весьма возможно, что по достижении указанных критических значений

тока и магнитного поля создаются условия, при которых силы, стремящиеся привести в движение электроны вдоль сверхпроводящей цепи, оказываются в состоянии преодолеть силы, удерживающие эти электроны в атомных группировках, и начинают увлекать их в соответствии с тем специфическим движением, которое присуще реально существующим нитевидным элементам магнитного потока саминдукции, представляющим собою, по Максвеллу, некоторые вихревые нити.

19. Обращаясь к энергетической стороне явления, называемого электрическим током, необходимо прежде всего отметить, что мы никоим образом не будем в состоянии вычислить величины электрокинетической энергии T_e , которой обладает данная цепь тока i , если будем иметь дело лишь с объемом проводника и движущимися в пределах этого объема электронами и ионами. Для вычисления T_e безусловно необходимо оперировать с пространством, окружающим проводник, т. е. с тем пространством, в котором распределен магнитный поток самоиндукции, играющий с фарадее-максвелловской точки зрения основную роль в процессе тока и являющийся именно носителем всей его электрокинетической энергии T_e . Эта энергия T_e как раз в точности равна магнитной энергии потока самоиндукции, вследствие чего всегда имеет место соотношение:

$$T_e = \frac{1}{2} Li^2 = \frac{1}{2} \Phi_s i = \frac{1}{8\pi} \int \mu H^2 dv,$$

где интегрирование должно быть распространено по всему объему, занятому потоком самоиндукции.

Электронная теория, имеющая ряд несомненных и весьма ценных достижений в некоторых областях, оказывается абсолютно бессильной в решении задачи о вычислении T_e , если, вопреки явным указаниям фарадее-максвелловской теории, она настаивает на том, что процесс электрического тока ограничивается явлениями, происходящими в объеме проводника, и не имеет принципиального отношения к каким-либо обстоятельствам вне этого объема. Такая электронная теория неизбежно должна рассматривать движение электромагнитной энергии вдоль линии передачи от генераторной станции к приемным устройствам как процесс переноса энергии электронами, движущимися внутри проводов через их поперечное сечение, подобно тому, что будет иметь место в случае передачи энергии, например, по паропроводу или по водопроводной трубе. Эта схема электронной передачи энергии находится в полном противоречии с результатами работ Пойнтинга, который показал, в развитие теории Максвелла, что электромагнитную энергию мы должны считать передающейся не внутри проводов, а вдоль проводов через диэлектрик, окружающий эти провода, играющие лишь роль направляющих (axis of power, по Фарадею). Пойнтинг показал, что джоулево тепло, выделяющееся в объеме некоторого участка проводника, образуется в нем не за счет энергии, притекающей через ограничивающие этот объем сечения проводника, а за счет проникающей через его боковую поверхность

части электромагнитной энергии, передаваемой вдоль проводника через пространство, его окружающее. Полная точность количественных результатов теории Пойнтинга не подлежит ни малейшему сомнению. Если представить себе, что провода линии передачи совершенно не обладают способностью нагреваться при прохождении тока, т. е. если линия будет состоять из сверхпроводников, то выводы, к которым пришел Пойнтинг, становятся самоочевидными. В этом случае физически немислим реальный процесс передачи энергии иначе, как именно через диэлектрик, окружающий сверхпроводники.

После всего того, что было сказано выше, нельзя не признать, что термин «электронный транспорт», начинающий в последнее время входить в употребление для обозначения электрической передачи энергии, является результатом глубокого недоразумения, основанного на полном игнорировании всего того, что сделано Фарадеем, Максвеллом и Пойнтингом. Как можно электрическую передачу энергии называть «электронным транспортом», когда объем проводника линии передачи с движущимися в нем электронами является только своего рода кладбищем электромагнитной энергии, как таковой! Если «электронный транспорт» и играет некоторую роль при передаче энергии, так только в качестве паразитного процесса, который обуславливает тепловые потери в линии передачи и понижает коэффициент полезного действия установки.

20. Цель настоящей статьи ограничивалась лишь тем, чтобы возможно более обнажить ряд недоразумений, вытекающих из наших традиционных представлений об электрическом токе, и показать, что мысль о вероятной ошибочности этих представлений имеет достаточные основания. Будущим исследователям в области электромагнитных явлений предстоит сделать еще не мало в направлении дальнейшего физического анализа этих явлений и вскрытия истинной природы электрического тока. В этом отношении особенно важно надлежащим образом согласовать фарадеевскую идею о реально существующих магнитных линиях с представлениями Максвелла об электрическом смещении, стационарном и изменяющемся. Во всяком случае, весьма трудно отказаться от убеждения в том, что основные физические воззрения Фарадея и Максвелла представляют собою верную путеводную нить, следование которой должно будет в конце концов дать нам ключ к пониманию сущности того, что принято называть «электрическим током».

Х

ОБ ОТВЕТАХ М. Л. ШИРВИНДА И Ю. П. ШЕЙНА ПО ПОВОДУ ДЕСЯТИ ВОПРОСОВ¹

1. Редакция ЛЭМИ обратилась к ряду лиц — главным образом, к физикам и к теоретикам диалектического материализма — с просьбою дать свой ответ на мои 10 вопросов² или высказаться более подробно по их существу и постановке. Под этим углом зрения я и буду рассматривать присланные пока только два ответа М. Л. Ширвиндта и Ю. П. Шейна. Тот факт, что они оба сочли необходимым в той или иной форме дать ответы на все мои 10 вопросов, доказывает отсутствие каких-либо принципиальных неправильностей в постановке этих вопросов, или чего-либо неприемлемого по существу. Таким образом, получение от М. Л. Ширвиндта и Ю. П. Шейна ответов на 10 вопросов, совершенно независимо от содержания этих ответов, позволяет мне думать, что формулировка моих вопросов целесообразна и не содержит ничего, противоречащего тому направлению философской мысли, которое представляется мне единственно правильным при рассмотрении природы физических явлений.

2. И М. Л. Ширвиндт, и Ю. П. Шейн в отношении всех десяти вопросов присоединяются к моим отрицательным ответам («нет»). Ясно, конечно, что на мой 5-й вопрос М. Л. Ширвиндт отвечает именно «нет». Ведь я спрашиваю: «Можно ли рассматривать энергию как нечто, не являющееся ни самостоятельной физической субстанцией, ни каким-либо состоянием или свойством физической субстанции?» М. Л. Ширвиндт отвечает: «Энергия не является субстанцией. Энергия — качество материи, определенная форма ее активности». Следовательно, он признает, что энергия не есть что-либо третье, мною не предусмотренное, т. е. он отвечает «нет». Указание М. Л. Ширвиндта, что формулировка моего 9-го вопроса представляется ему «еще вполне ясной», совершенно непонятна. Ведь то обстоятельство, что он счел необходимым ответить на 9-й вопрос именно «нет», а не «да» и не нашел оснований уклониться от четкого ответа показывает, что вопрос достаточно ясен в тех пределах, которые

¹ ЛЭМИ, Труды Ленинградского электромеханического института, 1934, № 1, стр. 3.

² См. настоящий сборник, статья IX.