

А К А Д Е М И Я   Н А У К   С С С Р

Акад. В. Ф. МИТКЕВИЧ

ОСНОВНЫЕ  
ФИЗИЧЕСКИЕ ВОЗЗРЕНИЯ

СБОРНИК ДОКЛАДОВ И СТАТЕЙ

*ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ,  
ДОПОЛНЕННОЕ*

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР  
МОСКВА 1939 ЛЕНИНГРАД

Государственная  
НАУЧНАЯ  
БИБЛИОТЕКА  
Н. К. Т.

632/4 53  
40 M. 664

ПРОВЕРКА  
VII ГНБ 1949

*Handwritten signature*

Свердлов  
1949

СВЕРДЛОВ



*Handwritten signature of Mikhail Faraday*

Редактор изд-ва З. Н. Перля.

Технический редактор А. П. Дронов      Корректор Л. М. Шилова  
Сдано в набор 3/IX 1939 г.    Подписано к печати 10/XII 1939 г.    Формат 60×92<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.    Бум. л. 6<sup>1</sup>/<sub>2</sub>.  
Объем 12<sup>3</sup>/<sub>4</sub> п. л. и 1 вкл.    В 1 п. л. 46 000 печ. зн.    Уч.-авт. л. 14,46.    Тираж 3000 экз.  
Уполн. Главлита А-19397    РИСО № 1105.    АНИ № 1405.    Заказ № 3792.  
Цена \*5 руб. 50 коп., переплет 3 руб.

МИХАИЛ ФАРАДЕЙ  
1791—1867

1-я Образцовая типография Огиза РСФСР треста „Полиграфкнига“. Москва, Валовая, 28.

## ПРЕДИСЛОВИЕ к 3-му изданию

Книга «Основные физические воззрения» представляет собою сборник ряда моих докладов, статей и выступлений (начиная с 1930 по 1938 г.), в которых в той или иной степени затронуты вопросы нашего миропонимания. Касаясь почти исключительно области физики, основной науки о природе, я стремился возможно более четко и определенно проводить воззрения, вытекающие из общих установок диалектического материализма.

По сравнению со 2-м изданием этого сборника, вышедшим в 1936 г., 3-е издание дополнено тремя статьями. В основной части сборника (часть I) добавлены две статьи, опубликованные в журнале «Под знаменем марксизма» в 1938 г., а именно «О современной борьбе материализма с идеализмом в области физики» и «Значение книги Ленина «Материализм и эмпириокритицизм» в современной борьбе с идеализмом в области физики». В части II этого сборника, содержащей некоторые другие мои статьи, а также отдельные выдержки из моих статей и из стенограмм выступлений во время различных дискуссий, имевших отношение к затронутым в сборнике темам, — добавлена опубликованная в журнале «Под знаменем марксизма» в 1937 г. моя статья «По поводу статьи акад. А. Ф. Иоффе — «О положении на философском фронте советской физики».

Материалы, собранные в части II, являются некоторым развитием частей I и кроме того они в значительной степени освещают современное положение вопроса о пересмотре наших основных физических воззрений, не всегда безупречных с материалистической точки зрения. Нередко мы оперируем представлениями, которые не имеют непосредственного отношения к подлинной природе физических явлений, но в ряде случаев оказываются лишь результатом ничем не оправдываемого объективирования математических абстракций. Последнее обстоятельство представляет собою одну из причин идеалистических уклонов в области физического мышления, которое в настоящее время иногда подменяется формально-математическими операциями, не контролируемые строгим анализом с точки зрения наших принципиальных научно-философских установок.

В своей длительной борьбе против подобных ошибочных уклонов я уделил значительное внимание вопросу об объективной реальности электромагнитного поля, вообще, и магнитного потока, в частности.

В связи с этим, стремясь отвлечься от всяких обстоятельств, до известной степени имеющих характер второстепенных подробностей, я подверг критическому рассмотрению современные основные представления о природе физических взаимодействий. Я полагаю, что в построении пока еще не существующей в законченном виде общей физической теории, которая являлась бы строго обоснованной и не содержащей внутренних противоречий системой взаимно-согласованных физических представлений, возможно полнее отражающих действительные соотношения в природе, — весьма ответственную роль должны играть наши принципиальные установки в отношении того, как именно объективно-реально осуществляются физические взаимодействия, без обязательного наличия которых не мыслимо никакое физическое явление. Совершенно несомненно, что эти взаимодействия составляют один из главных моментов во всех без исключения физических явлениях. Таким образом, мне пришлось коснуться противопоставления точки зрения действия на расстоянии и основной фарадеев-максвелловской точки зрения, согласно которой всякого рода электромагнитные взаимодействия возможны не иначе, как при непрерывном участии материальной среды в пространстве, окружающем взаимодействующие центры или системы. Являясь решительным сторонником второй точки зрения, я вместе с тем полагаю, что старый спор между двумя указанными точками зрения должен быть разрешен не путем постановки каких бы то ни было специальных экспериментов, так как этого сделать нельзя, но только путем надлежащего анализа наших общих научно-философских установок в отношении их возможно большего соответствия всей совокупности имеющихся опытных данных о явлениях природы.

Идя по указанному пути и отстаивая объективную реальность электромагнитного поля и магнитного потока, в частности, я счел весьма целесообразным сформулировать вопрос,<sup>1</sup> который касается именно основных условий всякого физического взаимодействия и так построен, что допускает только один строго определенный ответ — «да» или «нет», при исключенном третьем. Вместе с тем я доказал, что формулировка моего вопроса вполне законна и правильна.

Я утверждаю, что указанный вопрос может и должен занять центральное место в борьбе против идеалистических уклонов в физическом мышлении и имеет исключительно важное значение, так как решение данного вопроса категорически требует от отвечающего вполне четких установок в отношении его основных представлений о внешнем мире вообще.

Мой вопрос в действительности включает в себе ряд других принципиальных вопросов, касающихся самых главных моментов в нашем мировоззрении. Ответ на сформулированный мною вопрос, ответ «да» или «нет», в полной мере зависит от того, как именно мы относимся к объективной реальности вещей и предметов внешнего мира,

<sup>1</sup> См. настоящий сборник, статьи II, III, VIII, XI, XII, XV, XVI, XVII и XX.

как мы смотрим на физическое пространство, как мы относимся к принципу причинности и закону сохранения энергии и т. д. и т. п. Все это более подробно разъяснено в конце статьи VI настоящего сборника, которая посвящена рассмотрению основных установок материалистического миропонимания. Сформулированный мною вопрос в скрытом виде касается всех этих принципиальных установок и по существу эквивалентен вопросу об их признании или об их отрицании.

Таким образом, четкий и недвусмысленный ответ на мой вопрос — четко и недвусмысленно выявляет основы нашего физического мышления (материалистические или идеалистические).

В этом и заключается смысл моего вопроса, этим именно и определяется его значение в борьбе за материалистическое миропонимание. Заостряя внимание на существенном конкретном моменте из области физических явлений, этот принципиальный вопрос дает возможность решительно отклонять всякие общие и многословные рассуждения, сводящиеся, как показывает опыт, к затушевыванию антагонизма материалистического и идеалистического воззрений на природу.

Некоторые из возражающих против проводимых мною физических представлений неоднократно упрекали меня по поводу якобы механистичности этих представлений. Ввиду того, что делавшие мне подобного рода упреки допускали ошибочное понимание сущности механицизма в физике и основывались нередко на формально-филологических признаках, я специально разобрал этот вопрос в статье «О механистической точке зрения в области основных физических представлений» (статья V настоящего сборника), а также коснулся данного вопроса и в ряде других своих статей (статья VI, например). Это было тем более необходимо, что указанные ошибки допускались не только со стороны тех моих критиков, которые придерживаются идеалистических позиций, но даже со стороны критиков, казалось бы, обязанных разбираться в вопросе о том, что такое механицизм. К сожалению, до сих пор возникает немало недоразумений на почве ошибочного отождествления терминов «механический» и «механистический».

Возражали мне также и по поводу самого метода вопросов, который я часто применял в научно-философской дискуссии. Неоднократно делались попытки всячески дискредитировать метод вопросов, обращаемых к противной стороне. По этому поводу напомним только следующее. В 1908 г. во время борьбы с махистами Ленин сформулировал 10 вопросов<sup>1</sup> для того, чтобы вскрыть ошибочные установки идейных противников, уклонявшихся от недвусмысленного выявления своих принципиальных установок подобно тому, как это случается и в настоящее время.

Мне, как автору этой книги, доставляют удовлетворение многочисленные отклики моих читателей, свидетельствующие о большом

<sup>1</sup> Ленин. Соч., 2-е изд., 1935 г., т. XIII, стр. 3—6.

интересе широких масс советской учащейся молодежи, физиков и техников к научно-философским вопросам. Ряд дискуссий, возникших, начиная с 1929 г. в связи с поднятыми мною вопросами, приобрел в некоторых случаях чрезмерно острый и напряженный характер, подчас выходящий из рамок простого высказывания своих мнений. В этом отношении необходимо, однако, со всей категоричностью отметить, что лично я, по существу бывший инициатором ряда дискуссий, никогда не делал первых шагов к нежелательному обострению той или иной дискуссии. Мне приходилось только отражать некоторые весьма резкие нападки со стороны моих идейных противников. В огромном большинстве случаев они не проявляли той уравновешенности и того спокойствия, которые столь полезны при ведении научно-философской дискуссии.

Я должен благодарить А. Ф. Иоффе, С. И. Вавилова, В. А. Фока, Я. И. Френкеля, И. Е. Тамма и других примыкающих к ним физиков за то, что своими высказываниями они несомненно помогли мне особенно отчетливо понять сущность наших принципиальных расхождений и в значительной степени уточнить формулировки тех основных положений, которые я защищаю. Я полагаю, что пройдет немного времени и мои идейные противники осознают свои расхождения с основными установками материалистического миропонимания, после чего их дальнейшая деятельность станет еще более плодотворной и мы все, лучше понимая друг друга, чем это было до сих пор, будем упорно работать на пользу советской физической науки. Во всяком случае, дискуссии, предметом которых являются общие представления о природе, должны способствовать развитию подлинно физического мышления у всех, стремящихся к этому и даже бывших сначала более или менее индифферентными в этом отношении.

В настоящем 3-м издании сборника внесены кое-какие мелкие исправления редакционного характера.

В некоторых случаях я в настоящее время выразился бы более определенно, характеризуя ряд противоречий, обнаруживающихся в области основных физических представлений. Однако, я счел необходимым сохранить старый текст, добавив лишь несколько примечаний, особо помеченных. В ряде моих статей и выступлений встречаются простые повторения того, что было уже сказано раньше. Я сделал это совершенно сознательно, так как иногда мне было затруднительно найти другие подходящие слова и обороты речи, чтобы возможно более отчетливо еще раз обратить внимание на то или иное весьма существенное, с моей точки зрения, обстоятельство.

В заключение считаю долгом выразить признательность З. Н. Перля за весьма существенную помощь, оказанную мне при оформлении этой книги.

*В. МИТКЕВИЧ*

Февраль 1939 г.

## ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

### I

#### РАБОТЫ ФАРАДЕЯ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ В СВЯЗИ С ЕГО ОБЩИМИ ФИЗИЧЕСКИМИ ВОЗЗРЕНИЯМИ<sup>1</sup>

1. Сто лет тому назад, в 1831 г., Фарадей открыл явление электромагнитной индукции тока. Открытие это ознаменовало собой новую эру в истории науки об электричестве и магнетизме и вместе с тем оно дало в руки человечества мощное средство для практического использования естественных энергетических ресурсов. Вся современная электротехника выросла на базе великого фарадеевского открытия, сущность которого заключается в следующем. Во всех без исключения случаях, когда мы имеем изменения в относительном расположении некоторого проводящего контура и магнитного поля, перпендикулярного контуру в целом или отдельным его частям, находящимся в поле, — в контуре возникают особые электродвижущие силы, так называемые индуцированные электродвижущие силы. Если алгебраическая сумма этих электродвижущих сил, т. е. полная электродвижущая сила, индуцируемая в контуре, не равна нулю и контур замкнут, в нем возникает индуцированный электрический ток. Во всех современных динамо-электрических генераторах, во всех трансформаторах переменного тока и в огромном количестве других электротехнических устройств используется это явление электромагнитной индукции тока.

2. Обращаясь к истории фарадеевского открытия, необходимо прежде всего отметить, что в период времени, непосредственно предшествовавший 1831 г., был сделан ряд открытий и научных работ, свидетельствовавших о необходимости нового подхода к явлениям электрическим и магнитным. Дело в том, что до того времени эти две группы физических явлений рассматривались как совершенно обособленные и не связанные одна с другой. В 1820 г. Эрстед открыл первое звено, связывающее электричество и магнетизм, показав, что электрический ток, который протекает по проводнику, присоединенному к полюсам вольтова столба, оказывает механическое дей-

<sup>1</sup> Речь, произнесенная 22 ноября 1931 г. в Академии Наук СССР на торжественном заседании, посвященном столетию открытия электромагнитной индукции.

ствие на расположенную вблизи магнитную стрелку и стремится повернуть ее так, чтобы она установилась перпендикулярно проводнику. Таким образом Эрстед обнаружил магнитное поле тока. В том же 1820 г. Араго при помощи электрического тока намагнитил кусок стали и Ампер представил в Парижскую академию наук доклад о своих опытах над механическим действием токов на токи и магнитов на токи. В 1821 г. Фарадей открыл, что проводник, по которому течет электрический ток, стремится вращаться вокруг полюса магнита. В 1823 г. Ампер дал свою теорию электродинамики и электромагнетизма. В 1824 г. Араго наблюдал успокаивающее действие медной пластины на качающуюся над ней магнитную стрелку. Баббедж и Гершель, тщательно изучая это таинственное явление и разнообразя обстановку опыта, добились обращенного эффекта. Именно, в 1825 г. они показали, что медный диск, вращающийся вокруг вертикальной оси, может увлечь в это вращение магнитную стрелку, так расположенную над медным диском, чтобы острие, на котором она покоится, находилось на оси диска, причем между стрелкой и вращающимся диском располагалась параллельная ему стеклянная пластина, исключавшая непосредственное действие на стрелку со стороны воздушных вихрей. В том же 1825 г. Стэрджен построил свой первый электромагнит.

С момента опубликования открытия Эрстеда весь ученый мир с лихорадочным возбуждением занялся исследованиями в области новых электромагнитных явлений. Нередко бывали случаи поспешных выступлений с описанием ошибочных наблюдений. Так, например, в заседании Парижской академии наук 6 ноября 1820 г. Френель в своем докладе заявил, что ему удалось разложить воду посредством магнита, неподвижно лежащего внутри проволочной спирали. Присутствовавший в том же заседании Ампер указал, что он также наблюдал нечто в роде возбуждения электрического тока помощью магнита. Через полтора месяца оба автора отказались от своих утверждений, признав их несоответствующими результатам тщательно поставленных проверочных опытов. В следующие годы Ампер неоднократно возвращался к этой теме, но, по свидетельству Беккереля, он в 1825 г. пришел к убеждению о невозможности получить электрический ток при помощи магнита.

В такой чрезвычайно напряженной атмосфере работала и научная мысль Фарадея. Он с большой настойчивостью искал новых явлений, характеризующих связь между электричеством и магнетизмом. Убежденный в единстве сил природы вообще, он не мог удовлетвориться допущением односторонней связи между физическими явлениями. Эта связь казалась ему не вполне установленной, пока какое-либо наблюдаемое физическое явление не могло быть обращено, пока не был открыт обратный эффект. Так и в случае электрического тока и магнитного поля. Движение электричества сопровождается магнитным полем. Должно существовать и обратное явление! В чем же оно состоит? В лабораторном дневнике Фарадея за 1822 г. есть запись: «Обратить магнетизм в электричество!». Чтобы разрешить постав-

ленную перед собою задачу, ему пришлось проделать огромное количество опытов. С небольшими перерывами он, занимавший уже с 1825 г. пост директора лаборатории Королевского института, все возвращался к этой теме. Много раз он терпел неудачу и с огорчением отмечал в своем дневнике: «Безрезультатно». Наконец, 29 августа 1831 г. Фарадею удалось в первый раз произвести опыт, в котором с несомненностью выявилось то, чего он так долго искал. В течение всего десяти рабочих дней в промежуток времени с 29 августа по 4 ноября этого года Фарадей не только открыл все основные явления из области электромагнитной индукции тока, но и полностью осветил их новыми физическими представлениями.

3. Первый, исторический опыт Фарадея был произведен с железным кольцом, на которое были нанесены две независимые обмотки из медной проволоки (по нынешней терминологии — первичная и вторичная). Вот как описывает Фарадей этот опыт в своем лабораторном дневнике:

«Я изготовил железное кольцо (из мягкого железа); железо взято круглое, в  $\frac{7}{8}$  дюйма толщиной, и кольцо имело внешний диаметр в 6 дюймов. Вокруг железного сердечника было намотано много витков медной проволоки, причем половина обмотки отделена при помощи шнурка и коленкора. Было намотано (с одной стороны) три куса проволоки, каждый около 24 футов длиною, и они могли быть соединены в одну общую обмотку или употребляться отдельно. Изоляция отдельных частей этой обмотки была установлена путем проверки при помощи батареи. Будем называть эту сторону кольца *A*. На другой стороне, но с интервалами от первой обмотки, было намотано два куса проволоки общей длиною около 60 футов... Будем называть эту сторону *B*.

«Была заряжена батарея из десяти пар пластин по 4 кв. дюйма. Витки на стороне *B* составляли одну обмотку и концы ее были соединены медной проволокой, отходящей в сторону на некоторое расстояние и как раз над магнитной стрелкой, находившейся в 3 футах от кольца. Затем концы одной из обмоток на стороне *A* присоединялись к батарее: немедленно — заметное действие на стрелку. Она колебалась и, наконец, пришла в начальное положение. При прерывании соединения обмотки *A* с батареей — снова бросок стрелки».

На другой же день после этого опыта, 30 августа 1831 г., Фарадей уже совершенно отчетливо осознал связь открытого им явления с таинственными результатами экспериментов Араго над влияниями медного диска на магнитную стрелку.

В своих последующих опытах Фарадей наблюдал появление кратковременного индуктированного тока в катушке из медной проволоки при наличии внутри нее прямолинейного железного стержня, который намагничивался или размагничивался путем поднесения к нему постоянных магнитов или удаления их. Затем был проделан опыт, аналогичный первому опыту с железным кольцом, но при этом применялись катушки из медной проволоки без всякого железного

сердечника. Далее, постоянный полосовой магнит быстро вводился внутрь катушки, присоединенной к гальванометру, или выводился из нее. Были обнаружены кратковременные отбросы стрелки гальванометра то в одну, то в другую сторону и при этом было обращено особое внимание на необходимость наличия относительного движения проводника и магнитного поля. С совершенной очевидностью была установлена причина неудачи во время многочисленных предыдущих опытов, когда это обстоятельство не было учтено. В девятый день своих опытов с вновь открытым явлением Фарадей привел во вращение медный диск, расположенный между полюсами сильного подковообразного магнита, соединив с гальванометром ось и край диска при посредстве металлических щеток. При этом стрелка гальванометра длительно отклонялась. Фарадей возбуждал таким образом постоянный ток, используя явление электромагнитной индукции. Наконец, в десятый день Фарадей индуктировал ток простым движением проводника поперек магнитного поля подковообразного магнита, и в описании этого эксперимента уже говорит о пересечении магнитных линий проводником. Итак, вся фактическая сторона явления электромагнитной индукции была установлена с исчерпывающей полнотой и была выяснена качественная сторона общего закона электромагнитной индукции. Несколько позже Фарадей формулировал и количественные законы, которым подчиняется это явление.

4. Открытие Фарадея, значительно расширившее область соотношений между электрическими и магнитными явлениями, дало мощный импульс развитию науки. Ученые всего мира занялись дальнейшим изучением электромагнитного поля на основе того, что было открыто Фарадеем. Клерк Максвелл, гениальный продолжатель дела Фарадея, полностью воспринял его основные физические представления и облек в математическую форму многое из его идей. Как известно, сам Фарадей не владел математическим анализом и не пользовался им в своей научной работе. В полном соответствии с общим ходом мыслей Фарадея, Максвелл обобщил закон электромагнитной индукции, распространив его на случай какого угодно контура, независимо от того, проводящий он или непроводящий. По существу, половина максвелловых уравнений электромагнитного поля представляет собою не что иное, как именно дифференциальную форму обобщенного закона электромагнитной индукции. Как известно, Максвелл своими дифференциальными уравнениями положил начало математической теории электромагнитного поля и учению об электромагнитных волнах. Вместе с тем он установил электромагнитную природу света. Герц, продолжая работу Максвелла, на опыте воспроизвел электромагнитные волны сравнительно большой длины и показал, что они действительно обладают теми же свойствами, что и световые колебания. Вся современная радиотехника возбудилась к жизни после опытных исследований Герца.

Необычайная плодотворность научных достижений Фарадея теснейшим образом связана с его своеобразным подходом к пониманию физических явлений, с выработанными им простыми и отчетливыми

физическими представлениями. Это сказалось и в области практических применений открытого им явления электромагнитной индукции. Трудно, совершенно невозможно, напр., представить себе расчет различных электромагнитных механизмов, не основанный на применении Фарадеевского метода для физического толкования этого явления.

5. Как известно, основным фоном научного мышления Фарадея было твердое убеждение в том, что все взаимодействия в природе вообще, и все электрические и магнитные взаимодействия в частности, совершаются не иначе, как при непрременном участии промежуточной среды. Родившийся в рабочей семье,<sup>1</sup> не располагавший вследствие этого материальными средствами, которые позволили бы ему получить систематическое образование, с 13 лет начавший свою трудовую жизнь в качестве подмастерья переплетной мастерской, — Фарадей всеми своими научными знаниями был обязан исключительно себе. Он сам выработал свои физические воззрения, все свободное время посвящая самообразованию и с жадностью читая самые разнообразные научные книги, с которыми он сталкивался, между прочим, благодаря своему ремеслу переплетчика. Быть может, этой именно обстановкой, в которой вырос Фарадей, в значительной степени и объясняется его свобода от всякого рода предрассудков, которые царили и продолжают царить в официальной науке. Гипертрофированная математическая тренировка нередко приводит нас к тому, что реальный физический мир мы мыслим как пространство, в котором некоторым образом распределены различные математические символы, как то: материальные точки, векторы сил, функции  $\psi$  и т. п. При таком формально-математическом подходе к физическим явлениям, становится совершенно естественным и в некотором смысле вполне правильным представление о действии одного физического центра на другой на расстоянии. Безусловно несомненно, что математическое описание физических явлений нередко чрезвычайно упрощается с точки зрения *actio in distans*, и в целом ряде случаев «все происходит так, как будто бы» физические центры взаимодействуют на расстоянии через «ничто». Но совсем иначе приходится рассуждать, когда мы стремимся углубиться в вопрос о природе взаимодействий, в вопрос о том, как именно эти взаимодействия осуществляются. Подобный вопрос может, конечно, совершенно не интересовать математика, посвятившего себя решению задач из области физики. Но великий физик Фарадей, в своих работах вскрывавший природу физических взаимоотношений, не мог удовлетвориться допущением взаимодействия через «ничто», как какого-то первичного физического явления, и всегда чувствовал определенную антипатию по отношению к точке зрения *actio in distans*. Мысль о физической несостоятельности этой точки зрения все более и более овладевала умом Фарадея. Он любил ссылаться на мнение Ньютона по этому поводу, совершенно четко выраженное в нижеследующих словах (третье письмо Ньютона к Бентлею):

<sup>1</sup> Фарадей родился 22 сентября 1791 г. в семье лондонского кузнеца.

«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 постоянно согласно известным законам...».<sup>1</sup>

Здесь уместно будет указать, что О. Д. Хвольсон в томе I своего «Курса физики» 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 предисловии к своему «Трактату об электричестве и магнетизме» Максвелл касается вопроса об особенном характере его труда, отличающем его от других трудов этого рода, опубликованных главным образом в Германии, и приводит по этому поводу следующие разъяснения:

«Одна из причин этого состоит в том, что прежде, чем я начал изучать электричество, я принял решение не читать никаких математических сочинений, посвященных данному вопросу, до прочтения фарадеевских «Опытных исследований по электричеству» от начала до конца. Я был осведомлен, что высказывалось мнение о различии между фарадеевским методом понимания явлений и методами математиков, так что ни Фарадей, ни математики не были удовлетворены языком друг друга. Я имел также твердую уверенность в том, что это разногласие не является результатом ошибок той или другой стороны. Я получил такую уверенность прежде всего благодаря сэру Вильяму Томсону, советам и помощи, а также опубликованным трудам которого я очень многим обязан из того, что я изучил по этому вопросу.

«Когда я стал углубляться в изучение Фарадея, я заметил, что его метод понимания явлений также оказывается математическим, хотя и не представлен в условной форме математических символов. Я на-

шел также, что этот метод может быть выражен в обычной математической форме и, таким образом, может быть сопоставлен с методами признанных математиков.

«Например, Фарадей своим мысленным оком видел силовые линии, проходящие по всему пространству, там, где математики видели центры сил, притягивающие на расстоянии. Фарадей видел промежуточную среду там, где они ничего не видели, кроме расстояния. Фарадей искал сущность явлений в том, что в действительности происходит в среде; другие удовлетворялись тем, что находили эту сущность в способности действия на расстоянии, которою одарены электрические жидкости.

«Когда я перевел то, что я рассматривал как фарадеевские идеи, в математическую форму, я нашел, что в общем результаты обоих методов совпадают, так что одни и те же явления учитываются обоими этими методами, и они приводят к одним и тем же законам действия...»

«Я нашел также, что некоторые из наиболее плодотворных методов исследования, открытых математиками, могут быть много лучше выражены в терминах, вытекающих из идей Фарадея, чем в их оригинальной форме».

В связи со всем вышеизложенным становится совершенно очевидным, что формально-математический метод оперирует с внешним эффектом, обнаруживаемым в явлении, в фарадеевском же методе главным объектом внимания служит внутренняя обстановка, при наличии которой и благодаря которой возникает рассматриваемое явление. Ясно поэтому, что метод Фарадея должен приводить исследователя к более тесному контакту с тем, что в действительности происходит в природе.

6. Итак, Фарадей не мыслил никакого физического явления вне участия той среды, которая окружает действующие в этом явлении физические центры. Соображениями этого рода он руководствовался и в своих исследованиях в области электромагнитной индукции. На этой почве возникло и представление Фарадея о «физических силовых линиях» магнитного поля как о реально существующих нитеобразных элементах магнитного потока, называемых нами теперь просто магнитными линиями. Физическое содержание закона электромагнитной индукции, данное Фарадеем, заключается именно в том, что основной причиной возникновения индуктированного электрического тока является пересечение проводника магнитными линиями. Фарадея мы должны считать основателем учения о магнитном потоке, о его физических свойствах. Он установил принцип непрерывности магнитного потока, гласящий, что каждая магнитная линия, его составляющая, всегда образует принципиально замкнутый контур, который никогда не может претерпевать какого-либо разрыва. Фарадей установил, что магнитные линии обладают свойствами упругих нитей, в системе которых проявляются механические силы в форме продольных тяжений и бокового распора.

Мысль об особо важном, доминирующем значении магнитного

<sup>1</sup> По поводу этой цитаты, приводимой и в других статьях настоящего сборника, С. И. Вавилов («Под знаменем марксизма» № 7 за 1937 г. стр. 59) упрекает меня в неосведомленности относительно окончания цитаты, в которой якобы отражаются религиозные воззрения Ньютона. Можно, однако, спорить о том, в какой мере Ньютон в своих заключительных словах к данному отрывку отдал дань религиозным предрассудкам своей эпохи. Именно, для того, чтобы не было поводов уклоняться в сторону от существа дела и не тратить времени на бесполезные в данном случае споры, я и опустил эти заключительные слова Ньютона, цитируя его в своих докладах в Академии Наук. Напомню, что цитата приведена полностью во всех трех изданиях моего курса «Физических основ электротехники» (1928 г., 1932 г. и 1933 г.). (Примечание, добавленное в 1939 г.)



потока во всех электромагнитных явлениях принадлежит Фарадею. Работы последнего периода его научной деятельности, за время которого он подверг тщательному анализу все основные известные факты, касающиеся области магнитного поля, почти полностью посвящены обоснованию и развитию этой мысли. Все сказанное целиком относится и к тому электромагнитному комплексу, который мы называем электрическим током, протекающим по некоторому проводнику. В магнитном потоке, окружающем проводник с током и сцепляющемся с ним, Фарадей был склонен видеть нечто большее, чем просто явление, сопутствующее электрическому току. В высокой степени характерно, что Фарадей, открывший законы электролиза и тем самым, казалось бы, давший убедительное доказательство тому, что представление о движении электричества внутри проводника, несущего ток, имеет непосредственное отношение к действительности, все же обращает свой взор в пространство вне проводника, когда в связи с явлениями электромагнитной индукции ищет ответа на вопрос об основных и характерных свойствах электрического тока. В какой степени он стремился отрешиться от обычных представлений о токе, свидетельствуют нижеследующие его слова:

«Из двух предположений, весьма обычно принимаемых в настоящее время, о магнитных жидкостях и об электрических токах, первое необходимо признать ошибочным, а может быть и оба ошибочны» («Опытные исследования по электричеству», § 3303).

На почве подобных соображений возникло представление Фарадея об особом «электротоническом» состоянии среды в пространстве, окружающем проводник с током, т. е. там, где распределена вся электрокинетическая энергия тока, в точности равная, как это показал Максвелл, энергии магнитного потока самоиндукции.

7. В своей статье, помещенной в «Encyclopaedia Britannica», Максвелл написал следующие строки по поводу открытия электромагнитной индукции:

«Все величие и оригинальность фарадеевского достижения могут быть оценены путем рассмотрения последующей истории этого открытия. Как и следовало ожидать, оно немедленно сделалось предметом исследований со стороны всего ученого мира, но некоторые из наиболее опытных физиков оказались неспособными избежать ошибок в формулировке изучаемого явления, полагая при этом, что они применяют более научный язык, чем язык Фарадея. До настоящего времени математики, которые отвергли фарадеевский метод формулировки его закона как несоответствующий точности их науки, никогда не были в состоянии установить какое-либо существенно отличающееся соотношение для полного выражения содержания явлений без того, чтобы не вводить гипотез относительно взаимодействия вещей, которые физически не существуют, подобно, напр., элементам токов, которые вытекают из ничего, затем текут по проводнику и, наконец, опять входят в ничто.

«После почти полувековой работы этого рода мы можем сказать, что, хотя практические приложения фарадеевского открытия возросли

и продолжают каждый год возрастать в отношении их численности и ценности, ни одного исключения из формулировки этих законов, данной Фарадеем, не было открыто, ни одного нового закона не было добавлено к ним, и фарадеевская оригинальная формулировка остается по сей день единственной, которая выражает не более того, что может быть установлено экспериментом, и единственной, при помощи которой теория явления может быть представлена так, чтобы она была точна и количественно правильна, оставаясь в то же время в рамках простых методов изложения».

Эти строки были написаны свыше 50 лет тому назад и вместе с тем, однако, содержание их производит такое впечатление, как будто бы они написаны теперь, в наше время. Трудно себе представить более меткую характеристику того разрыва между указанными Фарадеем путями физического мышления и формально-математическими методами рассмотрения физических явлений, — разрыва, который, к сожалению, до сих пор имеет место и даже достиг в последнее время своего апогея. В связи с этим необходимо констатировать, что многое из фарадеевских научных достижений до сих пор еще недостаточно понято и еще недостаточно оценено. Его «Опытные исследования по электричеству» продолжают оставаться арабской книгой за семью печатями для тех, кто вследствие чрезмерного увлечения формальными методами исследования утратил в большей или меньшей степени способность понимать изложенное простыми словами.

Фарадей дал нам лучший образец того, чем должна быть физическая мысль. Он был физик-мыслитель в самом высоком значении этого слова.

Не подлежит никакому сомнению, что математика есть великое орудие, которым физик наших дней может и должен пользоваться при изучении явлений природы. Но зачем же заменять физическую мысль формально-математической символикой и на этом успокаиваться, как будто задачи науки об основных явлениях реального мира состоят именно в построении отвлеченных символических схем! Необходимо отбросить гордыню и кое-чему поучиться у «переплетчика» Фарадея. Надо последовать примеру Максвелла: отложить в сторону все прочее и перечитать от начала до конца фарадеевские «Опытные исследования по электричеству», вдумываясь в каждое слово, написанное их гениальным автором.

## II

### ОСНОВНЫЕ ВОЗЗРЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ<sup>1</sup>

1. Основные воззрения той или иной научной дисциплины представляют глубокий интерес как с чисто философской точки зрения, так и в отношении перспектив, открывающихся на пути дальнейшего развития этой дисциплины. Некоторый анализ господствующих воззрений можно признать особенно целесообразным при обозрении наук, которые достигли уже высокой степени развития благодаря большому накопленному материалу, но в то же время встречаются какие-либо затруднения в его надлежащем освоении и теоретическом сведении в стройное целое. Современная физика, являясь основной, ведущей наукой о природе в самом широком смысле этого слова, располагает по истине гигантским материалом опытного и теоретического характера. Вместе с тем, однако, быть может, именно благодаря обширности и универсальности современной физики и ее проникновению во все другие теоретические и практические дисциплины, ведущие человечество к овладению силами природы, — в значительной степени остро ощущается недостаток общих, признанных всеми руководящих идей, которые могли бы способствовать созиданию единой стройной картины физических явлений, и желательность более или менее отчетливого освещения элементов противоречия, повидимому, обнаруживающегося в некоторых случаях. На этой почве возникло, не очень, однако ясно оформившееся, тревожное настроение, выразившееся между прочим, в указаниях на симптомы кризиса, признаки которого усматриваются в современной физике. Я полагаю, что было бы правильнее говорить о несколько своеобразных и вряд ли обоснованных уклонах в современной физической мысли.

2. Времена великих физиков-натурфилософов — времена Галилея, Декарта, Ньютона, Фарадея, Максвелла, Гельмгольца, Кельвина — уже прошли, но тем не менее каждый современный физик должен стремиться быть хотя до некоторой степени натурфилософом. Без определенного философского подхода к исследованию природы физических явлений трудно избежать односторонности и, в отдельных по крайней мере случаях, ошибочности наших физических представлений.

<sup>1</sup> Речь, произнесенная на торжественном годовом собрании Академии Наук СССР 2 февраля 1933 г.

И вместе с тем, говоря о физике в мировом масштабе, нельзя не признать, что современная физическая мысль, устремляясь в большинстве случаев в область частных, подчас узких, групп явлений, в общем не очень культивирует проведение строго обоснованных с философской точки зрения исходных положений. В этом отношении весьма характерными представляются соображения, высказанные проф. Эренфестом,<sup>1</sup> который занимает в Лейденском университете кафедру Лоренца и является одним из высокоавторитетных европейских представителей современной физики. Вот что он сказал в 1930 г. (цитирую по опубликованной стенограмме одного из его выступлений<sup>2</sup>): «...хороший физик философствует очень редко, и только если ему уже не остается ничего другого, и, если не ошибаюсь, он это делает всегда чрезвычайно плохо. И вот этого-то я боюсь, прямо как огня...» К сожалению, приходится согласиться с проф. Эренфестом в том, что хороший физик в настоящее время философствует очень редко и очень боится это делать, а если уже ему приходится так или иначе прибегнуть к философии, то он использует ее, быть может, недостаточно хорошо. Не подлежит сомнению, что дело обстоит именно так. Но из этого отнюдь не следует, что физик должен, вообще говоря, бояться философствовать. Соприкасаясь с вопросами физики, мы обязаны, я полагаю, хоть в какой-либо степени философствовать. Что же делать, если мы будем выполнять это не совсем хорошо! Лучше так, чем никак! Начав «философствовать чрезвычайно плохо», мы мало-помалу научимся делать это лучше. Но без какого бы то ни было философского обследования частных и общих проблем физики можно уподобиться тому, кто строит здание, не имея надежного фундамента.

3. В настоящем докладе я поставил своей целью рассмотрение основных воззрений современной физики с точки зрения некоторых условий их возникновения, а также с точки зрения их вероятного соответствия реальному содержанию изучаемых явлений. В связи со сказанным, необходимо прежде всего отметить, что физические представления, долженствующие отобразить в нашем сознании, во-первых, объективные реальности, принимающие участие в физических процессах, и, во-вторых, соотношения этих реальностей, создавались в условиях определенной исторической обстановки и до известной степени вытекали из методов, которыми пользовались исследователи, анализировавшие физические явления. В этом отношении особенно сильное влияние оказали приемы и методы математики. Понятия и образы, возникшие на математической почве и являвшиеся весьма полезными и ценными в процессе анализа, нередко трактовались затем в виде каких-то реальностей или в виде неотъемлемых свойств, присущих данным реальностям по самой природе вещей. Таким образом в физическое мышление проникли представления, которые можно

<sup>1</sup> Проф. Эренфест скончался в 1934 г. (Примечание, добавленное 1936 г.).

<sup>2</sup> «Электричество», 1930, № 8, стр. 349.

назвать объективированными математическими абстракциями. И все это иногда допускалось без достаточного обследования новых представлений применительно к выяснению их физического значения и к их соотношению с тем, что может происходить в действительности. Упускалось из вида, в отдельных случаях, и то исключительно важное обстоятельство, что изучение некоторой физической проблемы может допускать использование весьма разнообразных методов математического анализа, каждый из которых требует введения своих особых вспомогательных понятий.

В связи со всем изложенным мы до последнего времени встречаемся с физическими воззрениями, в отношении которых не имеется объективных оснований для того; чтобы их можно было признать адекватными реальному содержанию тех или иных физических явлений.

4. Итак, следует чрезвычайно строго различать символы и вспомогательные понятия, которыми мы пользуемся в процессе математического анализа физических явлений, с одной стороны, и реальное содержание этих явлений, с другой стороны. Конечно, необходимо принять во внимание, что весьма трудно на практике провести указанное разграничение, так как мы познаем природу только через посредство наших ощущений, путем эксперимента, лишь в некоторых случаях имеющего дело непосредственно с ближайшими проявлениями чего-то реально существующего и нами исследуемого. Обычно же в большинстве случаев современный утонченный и сложный физический эксперимент предоставляет нам возможность судить только о каких-либо отдаленных проявлениях предполагаемой объективной реальности, и притом нередко свое окончательное заключение мы обосновываем на математическом анализе результатов опыта с известной лишь долей вероятности, используя иногда статистические методы. Все это совершенно справедливо, но тем не менее исследователь, изучающий физические явления, на какой бы принципиальной позиции он ни стоял, располагает, как физик, единственной возможностью: последовательно и без всяких отступлений проводить то положение, что предмет его изысканий объективно существует вне нашего сознания и независимо от нашего сознания и что в действительности происходит не то или иное в зависимости от нашей точки зрения, а нечто, совершенно определенное и, во всяком случае, совершенно не подчиненное нашим точкам зрения. Несмотря на все трудности, сопряженные с разделением мира на «субъект» и «объект», одна из основных задач физики заключается именно в проведении возможно более четкой границы между этими двумя областями познания.

5. Проблема пространства и времени издавна занимала умы всех натурфилософов. Последние десятилетия ознаменовались возобновлением углубленной критики наших представлений, относящихся к этой области, и ряд новых идей непосредственно коснулся физики. Эйнштейн в связи с разработкой общей теории относительности пришел к заключению, что пространственно-временная непрерывность,

в которой совершаются физические явления, не есть эвклидова непрерывность и что из этого вытекает ряд следствий, имеющих существенное значение и выражающихся в ощутимых на опыте отклонениях от установленных ранее физических закономерностей, по крайней мере в условиях космических масштабов. Но, во всяком случае, идея о той или иной пространственно-временной характеристике процессов природы составляет основной фон всякого физического мышления. Вне времени и трехмерного пространства мы не можем себе представить каких-либо физических явлений. Но я позволю себе утверждать более того. Каковы бы ни были наши представления о пространстве, в котором протекают во времени различные физические процессы, будет ли это пространство Эвклида, или пространство Лобачевского, или пространство Эйнштейна, или же, наконец, любое иное пространство, хотя бы подчиненное закону квантования, совершенно независимо от всего этого, сколь угодно малым объективно существующим элементам, участвующим в каком-либо физическом процессе, мы обязательно должны приписывать некоторые соответствующие им, не равные нулю, объемы нашего трехмерного пространства.

В дальнейшем, ради краткости, я буду называть физической реальностью всякую объективную реальность, участвующую в каком-либо физическом явлении в качестве носителя свойств, обнаруживаемых в этом явлении. Таким образом, я утверждаю, что всякая физическая реальность в целом или сколь угодно малая ее часть обязательно занимает некоторый объем нашего трехмерного пространства.

Настоящее утверждение, по существу, вытекает из всего опытного и теоретического материала, накопленного в области физики.

Еще Декарт положил в основание своих рассуждений представление о принципиальной объемной протяженности физических тел и физической субстанции вообще. Он выдвинул положение о немости пространства, не заполненного вечно движущейся материей. До последнего времени физика не рассматривала каких-либо иных физических реальностей. Физика не имеет дела с такими реальностями, о которых можно было бы предположить, что они существуют в некотором пространстве, в число измерений которого не входили бы все три измерения нашего физического пространства. Трудно допустить, чтобы такое особое пространство вообще реально существовало. Вполне признавая большую ценность и целесообразность использования идеи о пространствах высших измерений в математических операциях, например, современной квантовой теории волн, признавая полную закономерность этих операций с математическими символами, мы должны строго различать подобные символы от могущих иметь к ним отношение физических реальностей, которые мы обязательно ассоциируем с некоторым объемом трехмерного физического пространства.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> В последнее время В. А. Фок открыл новые свойства материи, характеризующиеся тем, что к некоторым физическим реальностям якобы непримени-

Выдвигаемая мною на первый план объемная характеристика физической реальности, как я указал, по существу более или менее явно принимается во всех физических рассуждениях и построениях, но только без достаточной четкости и без надлежащего признания совершенной категоричности тех директив, которые отсюда вытекают. Может показаться, что я, выступая с требованием обязательности объемной характеристики, стучусь в открытую дверь. К сожалению, дело обстоит не так, и на этой почве наблюдаются некоторые нежелательные уклонения как в нашем научном языке, так и в нашем физическом мышлении.

6. Наши физические представления изобилуют образами, являющимися объективированными математическими абстракциями и символами, которые без должных оснований стоят в нашем мышлении рядом с физическими реальностями и весьма часто рассматриваются как нечто эквивалентное физическим реальностям или их подлинным взаимоотношениям.

Остановимся для начала на нескольких простейших примерах. Такие чисто геометрические понятия, как точка, линия, поверхность и объем, как таковой, не могут быть относимы к категории физических реальностей, несмотря на их безусловную полезность и даже абсолютную необходимость при общем и математическом рассмотрении физических процессов. Некоторый вполне определенный объем нашего трехмерного пространства, ничем не заполненный, представляет собою пример чистой абстракции, не имеющей никакого физического содержания. То же необходимо признать и в отношении геометрической поверхности, линии и точки, каждая из которых сверх того не обладает никаким объемом и, следовательно, не удовлетворяет требованиям объемной характеристики физической реальности.<sup>1</sup>

Материальная точка, являющаяся объектом изучения в области теоретической механики, есть не что иное, как математическая абстракция, совершенно необходимая при анализе законов движения, но ни в коем случае не могущая быть рассматриваемой в качестве некоторого реального объекта физического эксперимента, так как объем, занимаемый материальной точкой, равен нулю. Все это, по видимому, элементарно ясно, а между тем приходится встречаться с противоположными утверждениями и с мнением, что реальное физическое тело можно вообразить состоящим из совокупности определенного количества материальных точек, надлежащим образом распределенных в некотором объеме и, конечно, находящихся в каком-то движении.

Жимом понятие пространственно-временной локализации (см. напр., «Известия Академии Наук СССР», серия физическая, 1936, № 1—2, стр. 360; журнал «Под знаменем марксизма», 1938, № 1, стр. 152). Об этих вновь открытых свойствах материи сказано подробнее в статье VII настоящего сборника. (Примечание, добавленное в 1939 г.)

<sup>1</sup> Из сказанного, конечно, не следует, будто бы математические абстракции не отражают ничего реального. Речь идет только о том, что точка, линия, поверхность и объем, как таковой, не являются физическими реальностями в смысле данного выше определения. (Примечание, добавленное в 1939 г.)

Вследствие глубоко вкоренившейся всеобщей привычки к объективированию математических абстракций я несомненно встречу немало возражений против утверждения, что центр тяжести некоторого тела во всяком случае не есть такая реальность, с которой мы можем непосредственно иметь дело в каком-либо физическом эксперименте. Мне скажут, что ведь мы можем же непосредственно как бы осязать центр тяжести тела, можем подвесить тело за его центр тяжести и наблюдать таким образом равновесное состояние тела. На все возражения такого рода я, чтобы не отвлекаться подробным рассмотрением этого специального случая, отвечу кратко: попробуйте подвесить кольцо за его центр тяжести!

В качестве следующего примера объективирования представлений, возникших на почве математического анализа физических явлений, я назову всякого рода векторы. Мы привыкли оперировать с векторами механической силы, силы тяготения, электрических и магнитных сил и т. д., рассматривая их как некоторые физические реальности. Математические теории различных силовых полей составляют один из наиболее замечательных и разработанных отделов современной физики. А между тем все эти векторы являются не чем другим, как только известными математическими абстракциями, облегчающими нам описание и исследование взаимоотношений между несколькими физическими реальностями. Равнодействующая двух векторов есть такая же абстракция, как и исходные векторы или как любые составляющие, на которые данный вектор может быть разложен. Для выяснения этого вопроса представим себе, например, тяжелый шар, подвешенный на длинной тонкой нити в открытом пространстве при наличии горизонтального ветра. Мы знаем, что в этом случае нить подвеса отклонится от вертикали. С целью разрешения задачи об угле отклонения и в предположении, что давлением ветра на самую нить и ее весом можно пренебречь, а также можно пренебречь и расстоянием точки закрепления нити на поверхности шара от его центра тяжести,— мы должны сложить по правилу параллелограмма вертикальный вектор силы тяжести, равный весу данного шара, и горизонтальный вектор силы давления ветра на его поверхность. Равнодействующая этих двух сил своим направлением и определит угол отклонения нити подвеса от вертикали.

Спрашивается: существует ли равнодействующая двух рассмотренных сил объективно, т. е. вне нашего сознания? Конечно, нет. Ведь если бы она существовала объективно, то, следовательно, она действовала бы на шар одновременно с весом шара и давлением ветра на его поверхность, каковые две силы мы во всяком случае с большим правом могли бы считать объективно существующими, чем их равнодействующую. Таким образом получилось бы, что к шару одновременно приложены три силы, и натяжение нити подвеса оказалось бы вдвое больше, чем это есть в действительности. Следовательно, равнодействующая сила существует только в нашем воображении. Все происходит не так, как если бы она существовала объективно, т. е. вне нашего сознания. Но ведь и вертикальный вектор силы тяжести есть

в свою очередь равнодействующая большого количества элементарных сил тяжести, приложенных к отдельным материальным частицам шара. Аналогично и горизонтальная сила давления ветра есть лишь равнодействующая элементарных сил, проистекающих от удара отдельных частиц воздуха о поверхность шара. Наконец, и упомянутые элементарные силы, к которым можно свести все равнодействующие, являются лишь представлениями, символизирующими в нашем сознании тенденции к движению отдельных частей шара, возникающие под влиянием некоторых отчасти известных, отчасти же мало изученных физических процессов.<sup>1</sup>

Ближайшее рассмотрение всех других видов векторов сил, также вообще других групп векторов (скорости, ускорения, вектор Пойнтинга и т. д.) позволяет вскрыть их происхождение как математических абстракций и в то же время, конечно, выяснить, с какими именно проявлениями тех или иных физических процессов их необходимо ассоциировать. Если же, говоря о природе явлений, мы пытаемся вложить в представление о векторе некоторое содержание, выходящее из рамок чисто математической абстракции, обычно весьма необходимой, то мы несомненно пойдем по ложному пути, который может привести нас и в отдельных случаях приводит к отнесению к категории физических реальностей или их физических же соотношений того, что является лишь вспомогательным понятием, вполне законным в процессе математического анализа, но не при рассмотрении сущности явлений.

Итак, на почве объективирования математических абстракций и символов мы иногда вводим в круг наших физических представлений вообразимые образы или фикции. Оперирование с подобными фикциями нередко имеет следствием возникновение ошибочных воззрений, относящихся к природе того или иного физического явления.

7. Я подробнее остановлюсь на особенно ярком и оставившем наиболее глубокий след в развитии физической науки случае объективирования математических абстракций. Я имею в виду *actio in distans*, т. е. действие на расстоянии. Представления, вытекающие из этой точки зрения, доминируют в настоящее время и составляют, вообще говоря, неизменный основной фон физической мысли.

<sup>1</sup> Здесь иллюстрируется фиктивность разного рода векторов сил (см. Энгельс, «Диалектика природы», 1932, изд. 6-е, стр. 138—140). Никакого противоречия диалектике общего и частного при этом мы не допускаем, вопреки утверждениям А. А. Максимова («Под знаменем марксизма», № 7 за 1937 г., стр. 31). В данном случае «общее» есть совокупность двух механических сил, каждая из которых есть «частное», «отдельное». Конечно, общее существует лишь в отдельном, через отдельное. Однако, когда при анализе результирующего действия совокупности двух механических сил мы вводим понятие о векторе равнодействующей силы, мы имеем дело с фикцией. И хотя эта фикция весьма полезна в процессе анализа, так как она отражает действительные соотношения, но все же это есть фикция, а не объективная реальность, существующая в природе вне нашего сознания. (Примечание, добавленное в 1939 г.).

Известно, что идея о действии на расстоянии, рассматриваемом в качестве первичного физического явления, возникла в связи с работами Ньютона, который дал математическую формулировку открытого им закона всемирного тяготения. Сам Ньютон совершенно неповинен в приписываемом ему некоторыми учеными введении в науку идеи о «физическом» действии на расстоянии. Он ясно понимал, что область применения представлений, казалось бы, диктуемых законом всемирного тяготения, ограничивается рамками математического анализа проявлений тяготения и ни в коем случае не должна быть распространяема на вопросы, касающиеся самой сущности тяготения. Великий математик, показавший весьма совершенные образцы надлежащего использования формулированного им закона и тем положивший основание всей небесной механике, Ньютон, будучи одновременно и великим физиком, вполне отчетливо и достаточно категорически высказал свое мнение о природе тяготения. По этому поводу он писал (в третьем письме к Бентлею): «Что тяготение должно быть врожденным, присущим и необходимым свойством материи, так что одно тело может взаимодействовать с другими 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 притти. Тяготение должно обуславливаться каким-то агентом, действующим непрерывно согласно известным законам...»

В развитии математической теории электрических и магнитных явлений роль закона Ньютона сыграли аналогичные, всем известные законы Кулона, относящиеся к электрическим и магнитным взаимодействиям. На почве законов Кулона и их применений создались представления, которые мало-помалу начали внедряться в наше физическое мышление, вообще говоря, без достаточных оснований. Возникло представление о магнитных массах, которые стали трактоваться как некоторые физические реальности. Взаимодействия же этих масс, а также электрических зарядов на расстоянии начали рассматриваться в качестве первичных свойств, присущих им по самой природе вещей. Что касается электрических зарядов, то еще до работ Кулона они получили всеобщее признание в качестве физических реальностей. В какой мере Кулон может считаться причастным к введению в область физики новых представлений, которые совершенно не соответствуют действительности, явствует из следующего. В одном из своих мемуаров, посвященных магнетизму,<sup>1</sup> он говорит: «Из этих экспериментов следует, что, какова бы ни была причина магнитных явлений, все эти явления могли бы быть истолкованы и подвергнуты анализу при посредстве допущения, что в стальных пластинках или в их молекулах находятся две магнитных жидкости, причем частицы каждой такой жидкости взаимно отталкиваются пропорционально

<sup>1</sup> Coulem b. Collections de Mém. relatifs à la Physique, 3, p. 321.

их плотности и обратно пропорционально квадрату их расстояния и притягивают частицы другой жидкости в том же отношении...»

Фиктивность магнитных масс вскрылась благодаря исследованиям Фарадея, и это признается в современной физике, хотя иногда и высказываются противоположные суждения.

Работы Максвелла поколебали было обычное представление об электрических зарядах как о чем-то, не зависящем от процессов, происходящих в окружающем пространстве, но развитие электронной теории отодвинуло на задний план идеи Максвелла, и до последних лет не было, казалось, сомнения в том, что электрический заряд, как таковой, есть нечто, самостоятельно существующее. В самое последнее время, однако, в связи с развитием волновой механики наши представления об элементарном электрическом заряде, т. е. об электроны, приобрели новый характер. Электрон перестает мыслиться в виде обособленной физической реальности, занимающей строго определенный объем. В наших современных представлениях электрон некоторым образом расплывается в окружающем пространстве, теряет свои резкие границы. Сохраняя все же признаки физического индивидуума, электрон как бы обобщается с соответствующим физическим процессом, происходящим вокруг него, и является только своего рода специфическим гребнем на фоне интерферирующих волн, что на языке квантовой теории волн называется волновым пакетом. Таким образом, намечается сближение с основными воззрениями Максвелла, с учетом, конечно, того богатого материала, которым располагает современная физика в связи с развитием мысли о квантовании в области электромагнитных процессов.

Что касается самой идеи действия на расстоянии, то необходимо со всею определенностью констатировать необычайную стойкость этой псевдо-физической идеи. До самых последних дней современная физика в лице многих своих представителей трактует действие на расстоянии как нечто, вполне отвечающее природе вещей, как первичное физическое явление. И это наблюдается, несмотря на глубоко философское содержание всех трудов Фарадея, Максвелла, Герца. Объяснение нужно искать в чрезмерном влиянии на наше физическое мышление методов математического анализа. Широкое и плодотворное использование высшего анализа при изучении физических явлений, необычайная утонченность и, я бы сказал, изящество многих методов этого анализа естественно приводят к тому, что ученые, работающие в области физики и, вообще говоря, весьма совершенно владеющие всем аппаратом высшего анализа, до известной степени произвольно объективируют формы и образы, являющиеся чистыми математическими абстракциями. Форма выдвигается на первый план, заслоняя собою содержание. В этом отношении мы имеем дело с чем-то, аналогичным наблюдаемому в литературе и в изобразительных искусствах, где время от времени возникают течения, ставящие форму выше содержания.

Как всем хорошо известно, точке зрения действия на расстоянии противопоставляется фарадее-максвелловская точка зрения, утверж-

дающая, что все взаимодействия в природе осуществляются не иначе, как через посредство физических процессов, которые происходят в пространстве, окружающем взаимодействующие физические центры. Так как пространство не может быть физически мыслимо без заполняющей его какой-то среды, то, следовательно, фарадее-максвелловская точка зрения считается с участием среды во всех физических взаимодействиях. Возникновение этой точки зрения становится вполне понятным с психологической стороны, если вспомнить, что гениальный Фарадей не обладал математическим образованием и своих идей никогда не выражал в математической форме. Его физическое мышление, таким образом, было совершенно свободно от какого бы то ни было влияния или гипнотизирующего воздействия со стороны математической символики. Фарадей оперировал непосредственно с конкретными физическими образами и представлениями, подвергая их всесторонней критике в процессе экспериментального обследования. Вместе с тем он не боялся философствовать и уделял большое внимание общему рассмотрению природы вещей и их соотношений. В частности, он высказал много глубоких по своему содержанию соображений по поводу роли среды, в противовес точке зрения действия на расстоянии, и при этом имел обыкновение ссылаться на авторитет Ньютона, напоминая цитированные выше слова из его переписки с Бентлеем. Нельзя не признать, что отмеченное выше устремление Фарадея в сторону содержания, а не формы, явилось одним из очень серьезных моментов, содействовавших развитию в нем способности дать нам высокие, никем не превзойденные образцы подлинно физической мысли.

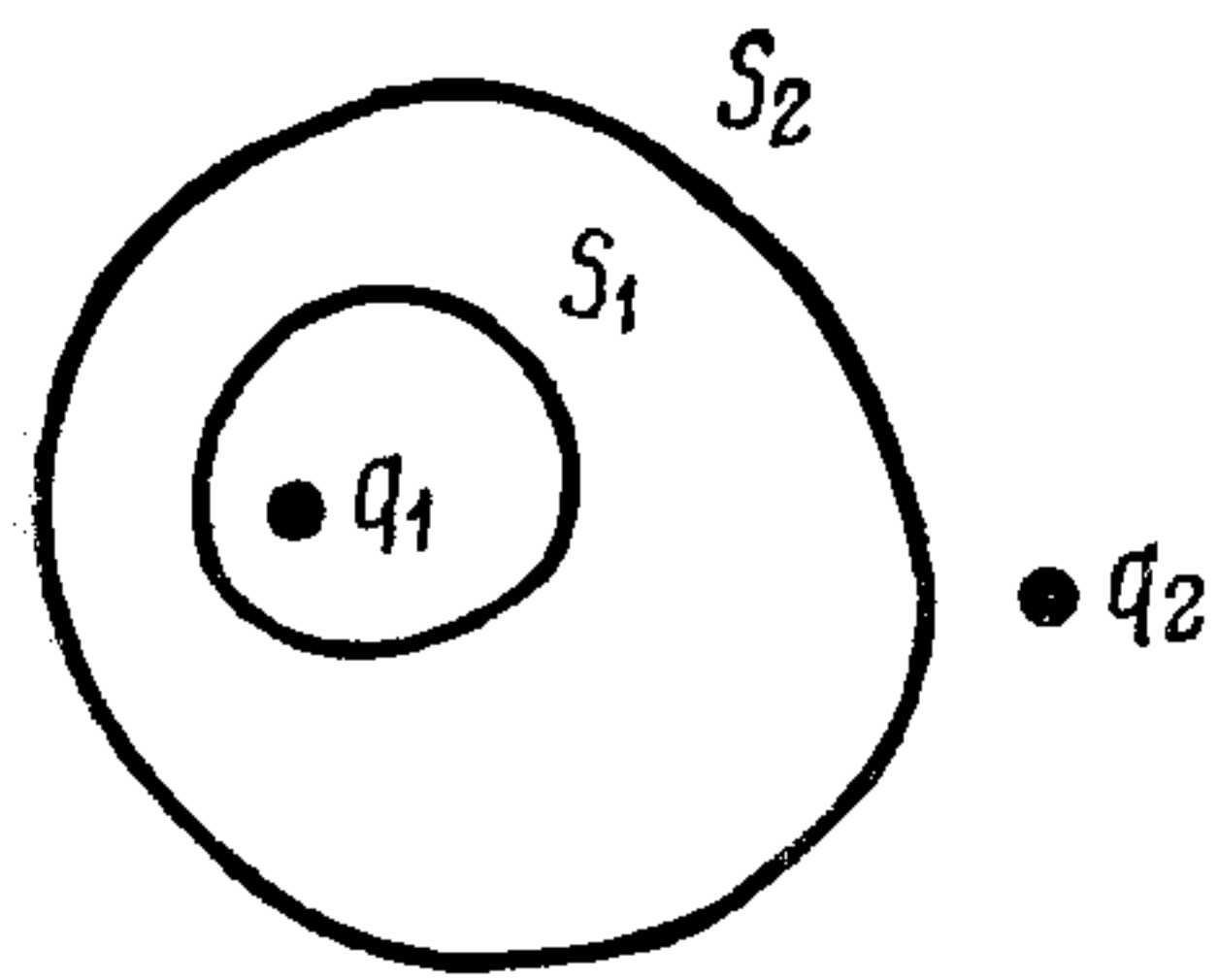
Максвелл, полностью разделявший с Фарадеем его основные воззрения и явившийся их интерпретатором, используя для этой цели язык математики, принял, если можно так выразиться, специальные меры к тому, чтобы в его мышлении форма не заслонила содержания. В предисловии к своему «Трактату об электричестве и магнетизме» Максвелл касается вопроса об особенном характере этого труда, отличающим его от других трудов такого же рода, опубликованных, главным образом, в Германии, и приводит по данному поводу следующее разъяснение: «Одна из причин состоит в том, что прежде чем я начал изучать электричество, я принял решение не читать никаких математических сочинений, посвященных настоящему вопросу, до прочтения фарадеевских «Опытных исследований по электричеству» от начала до конца».

Можно выразить сожаление, что пример Максвелла находит мало подражателей, а между тем это был бы один из лучших путей развития в нашем подрастающем поколении молодых физиков склонности к физическому мышлению, возможно более свободному от влияния математических абстракций.

8. Современная физическая мысль, как было уже отмечено выше, может быть охарактеризована отрицательным отношением к непреложному участию среды во всякого рода физических взаимодействиях. Я позволю себе разобрать два примера, которые особенно наглядно

иллюстрируют на конкретных случаях принципиальные расхождения точки зрения действия на расстоянии и противоположной точки зрения. Представим себе два электрические заряда  $q_1$  и  $q_2$ , расположенные на определенном расстоянии один от другого (фиг. 1). Допустим, что некоторые две замкнутые поверхности  $S_1$  и  $S_2$  окружают со всех сторон заряд  $q_1$ , нигде не касаясь одна другой и не пересекаясь. Спрашивается:

Могут ли заряды  $q_1$  и  $q_2$  взаимодействовать друг с другом так, чтобы при этом в слое, ограниченном поверхностями  $S_1$  и  $S_2$ , не происходило какого бы то ни было физического процесса?



Фиг. 1.

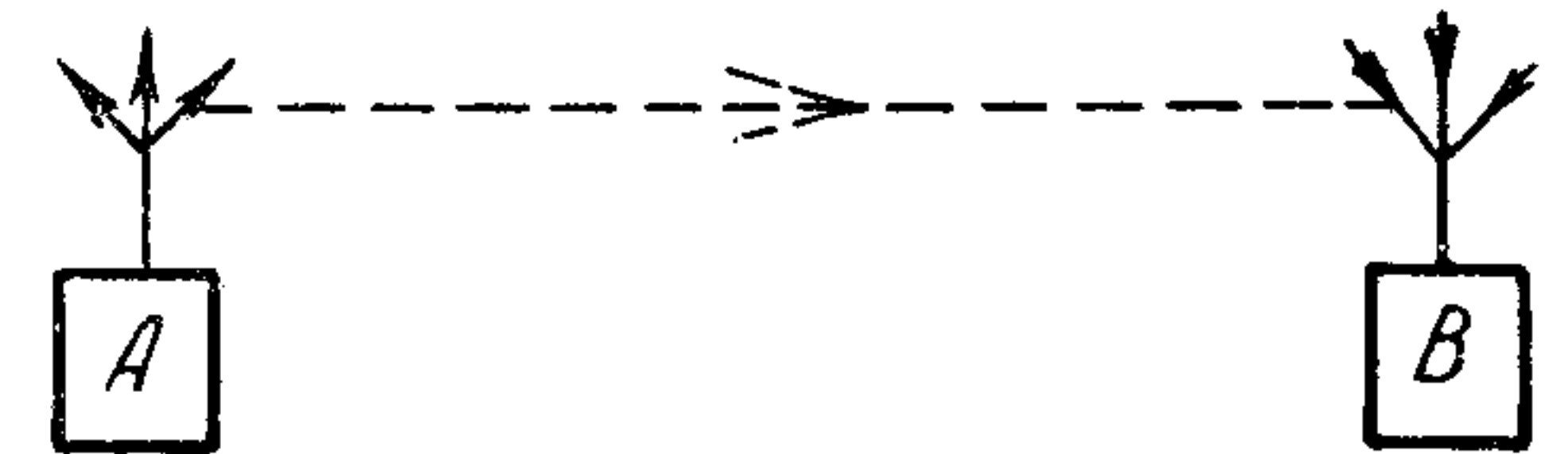
Объяснить действие на расстоянии можно было бы только путем допущения обязательной связи физических реальностей, в данном случае зарядов  $q_1$  и  $q_2$ , с какими-то процессами, происходящими где-то за пределами нашего трехмерного пространства. Но такого рода объяснения мы не называем физическими, и рассмотрение их лежит вне темы настоящего доклада.

Ответ «нет» представляется совершенно естественным с физической точки зрения и по существу вытекает из закона причинности и объемной характеристики всякой физической реальности. Строго говоря, ответ «нет» можно было бы обосновать одной только обязательностью этой объемной характеристики, так как самый закон причинности в том виде, как мы его понимаем при изучении физических явлений, теряет всякий смысл, если мы допустим существование физической реальности, не занимающей в нашем трехмерном пространстве никакого объема, т. е. являющейся одновременно физическим «ничто».

Цитированные выше слова проф. Эренфеста были сказаны именно по поводу вопроса, подобного тому, который мы теперь разбираем. Он кроме того выражал мнение, что спор между фарадее-максвелловским взглядом и точкой зрения действия на расстоянии должен быть разрешен при помощи какого-либо специального *experimentum crucis*. Мне же представляется, что этот спор может и должен быть разрешен путем чисто логического рассмотрения простейших случаев. Какой бы *experimentum crucis* мы ни поставили, результаты его всегда можно пытаться трактовать математически и с той, и с другой точки зрения. Подтверждение сказанному можно найти в истории вопроса о распространении электромагнитных возмущений.

В качестве второго примера рассмотрим случай беспроволочной

передачи электромагнитной энергии от некоторой радиостанции  $A$  (фиг. 2), сигналы которой получаются приемной станцией  $B$ . Предположим, что расстояние между этими станциями очень велико и равно, например, десяти световым годам. В то время, когда станция  $A$  посылает свои радиосигналы, приемная станция  $B$ , допустим, еще не существует. После того как станция  $A$  послала свою радиотелеграмму в окружающее пространство, мы можем ее совершенно разрушить, так что она больше не существует. Затем, по прошествии девяти лет приступим к сооружению приемной станции  $B$  и закончим ее до истечения десяти лет. Ясно, что ровно через десять лет с момента посылки радиосигналов станцией  $A$  мы примем эти сигналы станцией  $B$ .



Фиг. 2.

Как необходимо понимать рассматриваемое явление с точки зрения Фарадея

и Максвелла и с точки зрения действия на расстоянии, на почве которой стоит современная электронная теория?

Фарадее-максвелловская точка зрения учит нас, что электромагнитная энергия, излученная радиостанцией  $A$  и являющаяся энергией какого-то специфического сложного движения среды, вместе с этим движением распространяется при ближайшем участии среды в более и более удаленных районах и, в конце концов, некоторая доля первоначально излученной энергии достигнет приемной станции  $B$ , возбуждив в ее антенне электрические колебания, усиливаемые далее надлежащим образом и воспринимаемые в качестве сигналов, посланных станцией  $A$ .

Точка зрения действия на расстоянии, сильно поколебленная в своих позициях открытиями Герца, выходит из затруднений при объяснении рассматриваемого явления введением в физическую науку представления о так называемом запаздывающем действии на расстоянии. Таким образом, с этой точки зрения электроны, колеблющиеся вперед и назад вдоль антенны отправительной радиостанции  $A$ , действием на расстоянии приводят в соответствующее колебание электроны в приемной антенне станции  $B$ , но только это действие на расстоянии запаздывает ровно на десять лет.

Внешне все как будто обстоит совершенно благополучно, и не может возникнуть никаких возражений с чисто формальной стороны. Однако дело принимает совсем иной оборот, если мы пытаемся задать вопрос: а где в течение десяти лет пребывала излученная радиостанцией  $A$  электромагнитная энергия?

Ответ с фарадее-максвелловской точки зрения не нуждается в пояснениях. Позиция же современной электрошной теории приводит к ряду безвыходных противоречий. Действительно, если среда не принимает никакого участия в процессе передачи электромагнитной энергии от станции  $A$  до станции  $B$ , то необходимо утверждать, следовательно, что эта энергия, как таковая, вообще нигде не суще-

ствуется в течение десяти лет, другими словами, совершенно исчезает из нашего трехмерного пространства. Но в таком случае, по какой причине некоторая незначительная доля ее внезапно рождается в антенне станции  $B$  ровно через десять лет? Где даются директивы, во исполнение которых энергия вдруг появляется в физическом трехмерном пространстве в точно указанный момент? Здесь мы имеем дело с несомненным нарушением закона сохранения энергии и закона причинности.

Необходимо отметить, что в современной квантовой теории волн приходится встречаться с указаниями на необходимость отказа от закона причинности в применении к явлениям, протекающим в микрокосмических условиях. Разобранный пример показывает, что отклонения от фарадее-максвелловской точки зрения приводят нас к отказу не только от закона причинности, но и от закона сохранения энергии даже в масштабах макрокосмоса.

С точки зрения действия на расстоянии необходимо считать в высокой степени непоследовательным, что электронная теория, чтобы как-либо избавиться от явных противоречий в отношении излученной электромагнитной энергии, в конце концов вынуждена прибегнуть к указанному Максвеллом объемному интегрированию, дающему количество энергии электромагнитного поля и имеющему физический смысл только с фарадее-максвелловской точки зрения, от которой современная электронная теория четко отмежевывается. В таком же затруднительном положении эта теория оказывается и в ряде других случаев, между прочим, при решении вопроса о самом простом и самом важном случае проводимости, именно при рассмотрении сверхпроводимости, которая принципиально не может быть описываема на языке электронной теории, пока последняя будет игнорировать участие среды.

После всего изложенного выше можно в полной мере оценить глубокое значение слов О. Д. Хвольсона, который в своем «Курсе физики» 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...».<sup>1</sup>

9. В последнее время приходится иногда встречать указания, что физик должен синтезировать такие две противоположности, как точку зрения действия на расстоянии и фарадее-максвелловскую точку зрения. Не отрицая большого значения синтеза противоположностей как мощного средства, которым мы должны пользоваться в научной работе, я все же полагаю, что, прежде чем обращаться к синтезу, необходимо предварительно подвергнуть тщательному анализу самые противоположности, с точки зрения их совместимости в данной области и соответствия природе вещей. Может оказаться, что некоторые две противоположности совершенно непримиримы. Например, вряд ли можно синтезировать в области тригонометрии два противоположных утверждения:  $\cos \varphi < 1$  и  $\cos \varphi > 1$ . Но может

случиться, что данные противоположности, непримиримые в одной области, могут быть синтезированы в другой. Это именно и имеет место в отношении точек зрения действия на расстоянии и фарадее-максвелловской. Они вполне примиримы, и их можно синтезировать в качестве методов математического анализа явлений природы. Как известно, Максвелл дал их математический синтез в своем «Трактате об электричестве и магнетизме» и показал, что обе точки зрения в ряде случаев математически совершенно эквивалентны и приводят к одним и тем же результатам, хотя практически они и не во всех случаях одинаково удобны. Путем простых математических преобразований легко можно перейти от символов, определяемых одной точкой зрения, к символам, соответствующим другой. Но совершенно иначе обстоит дело, если мы будем пытаться синтезировать эти точки зрения в области физического мышления в связи с вопросом о природе явлений. В этом случае они совершенно непримиримы и взаимно исключают одна другую. Одна, повидимому, соответствует природе вещей, а другая представляет собою математическую абстракцию, не имеющую физического смысла. Ведь в действительности имеет место некоторое совершенно определенное первичное физическое явление, которое не может быть либо тем, либо другим (в зависимости от нашей точки зрения), либо одновременно и тем, и другим. Как можно синтезировать ответы «да» и «нет» на вопрос, относящийся к фиг. 1? Мыслимо ли построить такую физическую теорию, чтобы можно было утверждать, что в слое между поверхностями  $S_1$  и  $S_2$  в одну и то же время и происходит какой-то физический процесс, и решительно ничего не происходит? Направляя нашу мысль на развитие обоснований такого утверждения, мы делали бы нечто подобное тому, как если бы мы, например, в области математики, стремились доказать одновременную справедливость двух положений:  $2 \times 2 = 5$  и  $2 \times 2 \neq 5$ . Что-либо одно: либо «да», либо «нет», в зависимости, так сказать, от «точки зрения». Никакой синтез противоположностей в рассматриваемом случае неприменим. Допуская противное, мы вступаем на очень опасный путь, чреватый весьма печальными последствиями.

10. Перейдем теперь к рассмотрению одного из самых важных представлений, с которыми оперирует современная физика. Речь идет об идее квантования во всех физических процессах, вообще, и в области электромагнитных процессов, в частности. При этом термин «квантование» я понимаю в самом широком смысле. Трудно подобрать достаточно яркие слова для того, чтобы с необходимою отчетливостью выявить громадное значение этого основного воззрения, которое должно признать поистине величайшим достижением современной физики, дающим нам ключ к углубленному пониманию явлений природы.

Сущность общего представления о квантовании заключается в признании того, что во всех наблюдаемых нами явлениях природы мы встречаемся с некоторыми элементарными реальностями, каждая из которых может быть рассматриваема в известном смысле как некое

<sup>1</sup> О. Д. Хвольсон. Курс физики, т. I, 1923, стр. 181.



самостоятельное целое. Так, мы имеем дело с молекулами и атомами материальных тел, с электронами и протонами, входящими в состав материального атома, с определенными порциями лучистой энергии, применительно к которым и был впервые введен термин «квант». В волновой механике своего рода квантом является волновой пакет. С представлением о квантовании мы встречаемся в современной физике повсюду, в особенности при изучении микрофизических явлений, к каковой области относятся и вопросы, касающиеся строения атома. Вне этого представления современная физическая мысль совершенно не может работать и развиваться.

Как известно, истоки идеи о квантовании надо искать в глубокой древности, в форме представления об атомах, из которых состоят все тела. Основные черты атомистического учения имеются в некоторых системах древнейшей индийской философии. У философов древней Греции — у Левкиппа, Демокрита, Эпикура — атом играет существенную роль в их представлениях о природе. Римский поэт и философ Лукреций пропагандирует атомистическое учение. В позднейшие времена идея об атоме, между прочим, весьма своеобразно отразившаяся в натурфилософских построениях Декарта, мало-помалу начинает приобретать все больше и больше сторонников, и в конце концов теперь, после ряда великих открытий в области физики и химии, мы уже перестали говорить об атоме как о некоторой гипотезе. Несомненно, современной физике мы обязаны последними, самыми трудными этапами на этом долгом и подчас извилистом пути.

Представление об элементарном количестве электричества преимущественно связано с атомистическим учением в области материи. Уже Фарадей, открывший законы электролиза, совершенно отчетливо понял, что эти законы требуют для своего объяснения, с одной стороны, признания интимной связи между материей и электричеством и, с другой стороны, существования некоторого минимального количества электричества, которое должно быть ассоциировано с зарядом самого легкого, т. е. водородного, иона и кратные которого являются зарядами всех без исключения других ионов. В связи с этим Фарадей определенно говорит об «абсолютном количестве электричества» именно в том смысле, в каком мы теперь говорим о зарядах электрона и протона, и даже объясняет, по каким мотивам он избегает применять в отношении элементарного количества электричества термин «атом».<sup>1</sup> После Фарадея те же законы электролиза дают повод Веберу, Максвеллу, Гельмгольцу и другим ученым высказывать свои соображения по вопросу об атомной структуре электричества и, таким образом, идея об элементарном количестве электричества в значительной степени созрела к моменту, когда ряд открытий из различных областей — проводимость газов, явление Зеемана, радиоактивность — позволили современной физике выполнить важнейшую, заключительную часть работы и создать представление

<sup>1</sup> Faraday. Experimental Researches in Electricity, §§ 852, 869, 870.

об электроне, безусловно отвечающее определенной физической реальности.

С именем Планка мы связываем введение в круг физики представления о квантах лучистой энергии. Можно, конечно, усматривать преемственную связь между современной корпускулярной теорией излучения и ньютоновой теорией истечения, зерно истины в которой на долгие годы было заслонено классической волновой теорией света. Величайшая заслуга современной физики состоит в том, что она выявила это зерно истины и взрастила его, облекши в формы квантовой теории, которая, непрерывно развиваясь, привела к квантовой теории волн и, можно надеяться, закончит намечающийся уже теперь синтез корпускулярных и волновых представлений, обычно рассматриваемых в качестве некоторых противоположностей. Современная квантовая теория волн, по существу, подготавливает почву для этого синтеза не только в отношении электромагнитного излучения, но и в связи с нашими представлениями об элементах материального атома, каковыми являются электроны и протоны. Трудным местом в физическом освоении некоторых представлений этой теории является пока то обстоятельство, что она лишь в простейших случаях оперирует с волновыми процессами, интерпретируемыми как некоторые волны в пределах нашего трехмерного пространства, в общем же случае ее математические операции относятся к пространствам высших измерений. Но, конечно, квантовая теория волн является еще очень молодым, хотя и многообещающим, детищем современной физики, и можно далеко идти в своих ожиданиях в связи с несомненным ее дальнейшим развитием.

Наконец, идея о квантовании сыграла очень большую роль и в разработке современного учения о строении атома. Квантовым условиям подчиняются орбиты, по которым движутся электроны, входящие в состав атома. Надо полагать, что это должно будет найти себе объяснение в свойстве самих электронов претерпевать какие-то специфические изменения в пределах некоторых квантовых условий. Это тем более вероятно, что электрон теперь мыслится в качестве, недостаточно хотя еще изученного, сложного комплекса электромагнитного характера. Физически понять квантование орбит внутриатомных электронов иначе невозможно, так как орбиты, сами по себе, являются чисто геометрическими представлениями, при помощи которых мы лишь описываем поведение физических реальностей, образующих в совокупности атом. Но выяснение физического смысла принципиально необходимых постулатов Бора есть дело будущего.

В ряде отделов квантовой теории остается еще, само собою разумеется, очень много весьма ответственной работы; однако, во всяком случае то, что уже сделано, представляет собою одну из блестящих страниц в истории физики вообще.

Так как, по существу, электромагнитная концепция физических явлений все более и более укрепляется, так как квантовая теория в конце концов, всегда имеет дело с каким-то электромагнитным

комплексом той или иной сложности, то будет уместно отметить к истории вопроса о квантах, что первые указания на квантование в области процессов электромагнитного характера можно и, по моему мнению, необходимо усмотреть не только в соображениях Фарадея по поводу законов электролиза, но и в его идеях о физически существующих элементах магнитного потока. Хотя физическая наука нашего времени в большинстве случаев не оперирует с этим представлением Фарадея, играющим столь важную роль в практическом использовании магнитного потока, однако общий ход развития этой науки позволяет думать, что она к нему так или иначе вернется, подобно тому, что мы можем уже констатировать в отношении ньютоновой корпускулярной теории света, т. е. теории истечения.

11. Математический аппарат квантовой волновой теории изобилует применением абстракций, многие из которых вряд ли могут претендовать на то, чтобы получить какое-либо физическое содержание. Не говоря уже о том, что некоторые математические абстракции этой теории явно выходят за пределы нашего трехмерного пространства, возбуждает тревогу определенная тенденция к отрицанию грани между объектом и субъектом. Это замечание в особенности касается так называемого соотношения неопределенности, которое может служить наиболее современным примером объективирования представлений, возникающих на почве математического анализа данных физического опыта. Не подлежит ни малейшему сомнению, что делается большой шаг вперед благодаря установлению пределов точности опытного определения отдельных положений электрона или какого-либо иного кванта, с которым мы встречаемся в области микрофизики. Весьма важно знать пределы, которых нельзя перейти по соображениям принципиального характера и наличие которых вносит известную неопределенность в наши суждения о результатах опыта. Все это завершает многолетнюю работу в области анализа и критики данных физического опыта и в указанном смысле является очень значительным достижением. Но, по моему мнению, необходимо отнестись весьма отрицательно к склонности современной физической мысли объективировать соотношение неопределенности, играющее сравнительно большую роль в микрофизических явлениях. Почему, например, выдвигается положение, согласно которому понятие «траектория движущегося электрона» должно терять свой смысл для области малых квантовых чисел? Из того, что на опыте в этом случае мы можем определить, допустим, одну единственную точку и то лишь с известной долей вероятности, отнюдь не вытекает отсутствие какого бы то ни было движения электрона в физическом трехмерном пространстве, если только представление об электроне соответствует некоторой физической реальности. Ведь если нам удастся определить только одно положение какой-либо впервые открытой малой планеты и затем она по той или иной причине сделается недоступной для наблюдения, мы никак не можем лишить себя права рассуждать о вероятной траектории движения этой пла-

неты или, в случае распада ее на части, о вероятных траекториях движения отдельных ее частей.

Можно было бы, конечно, говорить о том, что в области малых квантовых чисел или в каких-либо других условиях электрон лишь внезапно возникает в известном месте, а до этого момента и после него электрон, как таковой, вовсе не существует. Быть может, это иногда имеет место, в особенности, например, после момента наблюдения, когда мы воздействуем на электрон со стороны наблюдающей системы. Однако в таком случае периоду небытия электрона, как такового, должен соответствовать некоторый процесс (волнового, допустим, характера), и данный процесс должен иметь место не в области какого-то особого пространства высших измерений, вне пределов физического трехмерного пространства, а обязательно должен протекать именно в этом трехмерном пространстве, будучи надлежащим образом координирован относительно места последнего наблюдения электрона. Мы опять же будем иметь право говорить о траектории распространяющегося в пространстве процесса, понимая все это в более общем смысле.

Отказываясь от какого бы то ни было прямого или распространительного представления о траектории электрона, объективируя соотношение неопределенности в этом и ряде других случаев, а также, конечно, обязательно принимая все вытекающие отсюда последствия, физик рискует выйти весьма далеко за пределы физики и, в первую очередь, приходит к конфликту с законом причинности, о чем было упомянуто выше.

12. Представление о квантовании в самом широком его понимании заключает в себе идею о пространственной прерывности всех вообще физических процессов. И вместе с тем, оставаясь в области физической мысли и стремясь по возможности освободиться от чисто математических абстракций, мы должны совершенно отбросить какое бы то ни было оперирование с пространством, абсолютно пустым, в полном смысле этого слова. Следовательно, прерывность физических процессов мы не можем мыслить в связи с абсолютно пустыми промежутками между отдельными элементами — квантами, на которые мы расчленяем физическое содержание того, что происходит в природе. Подобные абсолютно пустые промежутки физически недопустимы. О них можно говорить только в пределах математического анализа. Таким образом, прерывности физически мыслимы только на фоне физической же непрерывности.

Мы никак не можем ограничиться констатированием сосуществования прерывности и непрерывности, приняв его просто как основное положение, не требующее дальнейшего развития. Физическая мысль не может на этом успокоиться, а, наоборот, она должна стремиться и действительно стихийно стремится к синтезу этих противоположностей, каждая из которых несомненно выражает собою нечто объективно реальное. Должно признать, что на пути решения рассматриваемого, по существу, очень старого вопроса встречается

много затруднений, кажущихся почти непреодолимыми. Но как раз именно развитие квантовой теории волн, которым современная физика может по справедливости гордиться, явно ведет к тому, чтобы был, наконец, выполнен физический синтез прерывности и непрерывности.

Собственно говоря, для простейшего случая, когда можно говорить о пакете максвелловских волн, математический аппарат этой теории с формальной стороны уже выявил искомый синтез. Остается только задать вопрос: что именно колеблется в связи с волновым процессом? При этом, конечно, мы должны отрешиться от представления о простом колебательном движении, составлявшем предмет изучения в области классической волновой теории света, а иметь в виду колебательный характер какого-то специфического состояния той физической реальности, которой свойственно приобретать это состояние и которую мы на обычном нашем физическом же языке не умеем называть иначе, как некоторой средой. Помимо указанного пути трудно представить себе какой-либо иной метод физической трактовки понятий, вытекающих из квантовой теории волн. Необходимо подчеркнуть, что математик имеет полное основание не интересоваться тем, что именно колеблется, но для физика вопрос этот имеет принципиальное значение. Абсолютно пустое пространство, лишенное всякого физического содержания, не может служить ареной распространения каких бы то ни было волн.

Развивая мысли в намеченном направлении и стремясь использовать представление о волнах в трехмерном пространстве также в отношении самого общего случая, чего мы пока не умеем осуществить путем операций с уравнением Шредингера, мы можем надеяться притти в конце концов к полному физическому синтезу указанных выше противоположностей — прерывности и непрерывности. При этом все прерывности представятся в форме каких-то, более или менее ярко выраженных пучностей в процессе, который происходит на фоне физической непрерывности, заполняющей все трехмерное пространство, т. е. на фоне некоторой среды.

13. Мы подошли, наконец, к самому существенному вопросу, когда-либо занимавшему физическую мысль, — к вопросу о физической среде, без которой наше трехмерное пространство являлось бы только какой-то чисто математической абстракцией.

Современная физика, склонная усматривать в действии на расстоянии первичное физическое явление, относится отрицательно к этому вопросу. Представление о среде, заполняющей все пространство и непосредственно участвующей во всех физических процессах в качестве передатчика всякого рода взаимодействий, рассматривается теперь как некоторые, так сказать, леса, которые необходимы были при возведении здания современной физической теории. Когда сооружение здания закончено, леса могут быть разобраны и отброшены прочь, как нечто ненужное и уже окончательно сыгравшее свою подсобную роль. Все это совершенно верно с точки зрения формально-математического понимания того, чем должна быть

физическая теория. В этом отношении не может быть никаких возражений. Но дело представляется совсем в другом виде, если под физической теорией разумеется строго обоснованную и не содержащую внутренних противоречий систему взаимно-согласованных физических представлений. В этом случае роли меняются. Методы и язык математического анализа необходимо рассматривать только в качестве лесов, облегчающих возведение здания физической теории путем выявления количественных соотношений и характеристик физических реальностей. С развиваемой мною точки зрения, леса, облегчавшие построение физической теории, по окончании этой работы мы разбираем, но не отбрасываем прочь, и в дальнейшем пользуемся материалом этих бывших лесов, т. е. приемами математического анализа, при некоторых частичных надстройках, могущих потребоваться в связи с новыми открытиями, а также при всякого рода описании и практическом использовании физической теории. Таким образом, с точки зрения природы вещей математические построения и формулировки не составляют сущности физической теории, а играют в ней лишь подсобную, хотя и весьма важную роль.

По целому ряду причин, о которых я уже достаточно говорил, построение физической теории, охватывающей весь материал, накопленный наукою, немислимо без признания особенного значения среды, заполняющей все трехмерное пространство. На языке прошлых эпох, пережитых физикою, эта универсальная среда называется эфиром. За неимением другого, быть может, более подходящего термина мы будем продолжать пользоваться словом «эфир» в смысле какой-то основной среды, непрерывно заполняющей пространство, хотя современная физика весьма тщательно избегает представления об эфире, как бы совершенно в нем не нуждаясь.

Специальная и общая теории относительности отвергают эфир, и вместе с тем, однако, Эйнштейн признает, что геометрические свойства пространства не самостоятельны, а обусловлены материей. Казалось бы, что это утверждение Эйнштейна влечет за собою отрицание физического смысла в представлении о каком-либо объеме пространства, абсолютно свободном от материи. Тем не менее из хода рассуждений общей теории относительности следует, что здесь речь идет лишь о гравитационной материи, а не о материи в более общем смысле некоторой физической среды, непрерывно заполняющей пространство. Такая универсальная среда не требуется согласно теории относительности, которая допускает существование областей трехмерного пространства, абсолютно ничем не заполненных. Все это, конечно, указывает на абстрактно-математический характер этой теории.

Теория относительности оперирует с полем тяготения. Современная теория электромагнитных явлений основана на развитии учения о полях электрических и магнитных. Но математическая теория силового поля, по существу, теснейшим образом связана

с идеей действия на расстоянии, простого или запаздывающего. Поэтому современное представление о каком-либо силовом поле является такой же математической абстракцией, как и действие на расстоянии, и точно так же обычно объективируется без достаточных оснований. Вложить физическое содержание в учение о силовых полях можно, только вернувшись к основным фарадее-максвелловским воззрениям, касающимся обязательного участия некоторой среды во всех взаимодействиях, и тогда современное учение о силовом поле необходимо будет рассматривать в качестве весьма ценной математической характеристики физического силового поля. Итак, признание какой-то универсальной среды, скажем, эфира, безусловно необходимо для развития физической мысли, которая в противном случае приходит к ряду существенных противоречий.

В настоящее время мы не располагаем достаточными материалами для построения физической теории эфира. В этом отношении наибольшие затруднения возникают при рассмотрении вопроса о непрерывности эфира, который необходимо трактовать в качестве какой-то основной среды, являющейся первичной физической реальностью<sup>1</sup> и не оставляющей абсолютно незаполненными сколь угодно малые объемные участки нашего трехмерного пространства. Быть может, однако, мы никогда не будем в состоянии «понять» непрерывности эфира по чисто принципиальным причинам. Дело в том, что обычное «понимание» чего бы то ни было всегда так или иначе сопряжено с подчинением содержания данного объекта более общей<sup>2</sup> категории объектов. Так, например, понимание того, что представляет собою материальное тело, сводится к идее об атомах и об атомной структуре. Атомы мы понимаем как определенные комплексы электронов и протонов, а электроны и протоны мы теперь стремимся понять, хотя бы, как некоторые волновые пакеты. Мысля о предельной физической субстанции, об эфире, мы не можем, по видимому, идти по этому проторенному пути, так как мы не можем себе представить существования сверхпредельной физической субстанции, некоторого над-эфира. Эфир, по моему мнению, является в отношении его непрерывности своего рода «непознаваемым».<sup>3</sup> В этом, вероятно, кроется основная причина затруднений в построении физической теории эфира, и я полагаю, что если это будет, наконец, когда-либо выполнено, то лишь на базе постулата о непре-

<sup>1</sup> Говоря об эфире как о первичной физической реальности, мы должны, конечно, это понимать в том смысле, что на данном этапе наших физических знаний представление об эфире является некоторым пределом конкретизации наших представлений о материи вообще. (Примечание, добавленное в 1939 г.)

<sup>2</sup> Более «общей» с точки зрения структуры объектов природы (1936).

<sup>3</sup> Из этого утверждения, конечно, не следует, что эфир в полном смысле слова непознаваем. Речь идет лишь о том, что не следует рассматривать эфир по аналогии с обычной, так называемой, весомой материей и приписывать ему атомную структуру. Но мы должны стремиться познать эфир путем всестороннего изучения его проявлений в качестве совершенно необходимого и основного носителя свойств, обнаруживаемых в физических процессах, вообще, и в электромагнитных процессах, в частности (1936).

рывности эфира. Данный постулат, несомненно, должен быть внутренне связан с положением о физической бессмысленности, о фиктивности абсолютно пустого пространства.

14. Из всего предыдущего вытекает, что создание физической теории, охватывающей самый широкий круг явлений, затруднительно и, вероятно, совершенно невозможно на почве отрицания первенствующего значения среды и на основе объективирования действия на расстоянии в качестве первичного физического явления. До настоящего времени общей физической теории еще не существует в законченном виде. Но можно с полным правом высказать уверенность, что в будущем физическая мысль возвратится к принципиальным воззрениям Фарадея и Максвелла, разовьет их путем учета всех новейших достижений и завершит построение общей физической теории. Действительно, уже намечается определенный, еще недостаточно осознанный, сдвиг в этом направлении. В подтверждение сказанного достаточно напомнить хотя бы только о квантовой теории воли, о метаморфозе наших представлений об электроне и о диффракции материальных лучей. Но во всяком случае фарадее-максвелловская точка зрения по вопросу о непреходящем участии среды во всех физических процессах представляется единственной мыслимой путеводной нитью для дальнейшего успешного развития современной физики, так много сделавшей и так много обещающей сделать.

### III

#### О «ФИЗИЧЕСКОМ» ДЕЙСТВИИ НА РАССТОЯНИИ<sup>1</sup>

1. История науки изобилует примерами проходящих стадий в понимании явлений окружающего нас мира. Непрерывно, в процессе накопления новых фактов и длительной работы научной мысли, наши представления подвергались метаморфозе, последовательно освобождаясь от всего, не выдерживающего строгой критики, и постепенно рафинируясь в смысле возможно большего приближения к соответствию с тем, что происходит в действительности. Так, геттомосева система мира уступила место системе гелиоцентрической. Учение древних философов о четырех основных началах-стихиях: воздухе, воде, земле и огне — прошло путь долгой эволюции. В связи с этим можно, между прочим, упомянуть многочисленные, упорные искания алхимиков, приведшие к накоплению ряда новых конкретных данных о веществе, и мучительные блуждания человеческой мысли, стремившейся постигнуть энергетическую сторону явлений природы и делавшей на этом пути не мало ложных шагов вроде, например, увлечения теорией флогистона. Наконец, благодаря развитию химии и физики, древнее, кажущееся теперь наивным, учение о четырех основных началах трансформировалось в наши современные знания о строении вещества и о его превращениях, связанных с энергетическими процессами вообще, и тепловыми, в частности. Представление об атоме как о последней неделимой частице вещества, благодаря ряду великих открытий, имевших место в самое последнее время, заменилось картиной целого микрокосмоса, сложное строение и законы которого теперь так напряженно изучаются во всем мире. Физическая реальность, называемая электрическим зарядом, понимается в наши дни несколько иначе, чем 100 лет тому назад. Даже за последние 10 лет произошли несомненные сдвиги в этом отношении. Магнитная масса, считавшаяся некогда подлинною физическою реальностью, в настоящее время рассматривается лишь как некоторая фикция, имеющая чисто вспомогательный характер при математическом изучении свойств магнитного поля.

Во всяком случае несомненно, что и наши современные физические представления в ближайшем будущем претерпят некоторые

изменения как в отношении формы, так и в отношении содержания, последовательно приближаясь к пределу, по вопросу о достижимости которого могут быть разные мнения.

2. В своей речи «Основные воззрения современной физики», читанной в годовом собрании Академии Наук СССР 2 февраля 1933 г.,<sup>1</sup> я коснулся господствующего в настоящее время представления о действии на расстоянии, рассматриваемом в качестве первичного физического явления и в этом смысле названном мною «физическим» действием на расстоянии.

Я утверждаю, что это представление не соответствует природе вещей, не выдерживает строгой критики и потому является проходящей стадией в наших общих физических воззрениях. Имея характер математической абстракции, ценной лишь в области формальной трактовки физических процессов, представление о действии на расстоянии не может служить базой при рассмотрении существа явлений, происходящих в реальной обстановке.

Два мотива руководили мною, когда я считал необходимым еще раз выступить по данному поводу и сделать некоторые дополнения к тому, что было уже сказано в моей речи.

Первый, основной мотив заключается в том, что признание возможности «физического» действия на расстоянии приводит к целому ряду весьма существенных выводов, с которыми, по моему мнению, никак нельзя примириться. В своей речи я уже отметил некоторые явные недоразумения, возникающие на почве отрицания фарадеевско-максвелловского представления о неприменимости среды во всех физических взаимодействиях. Между прочим, я указал в виде примера, что современная электронная теория, четко отмежевывающаяся от основной фарадеевско-максвелловской установки, оказывается вследствие этого бессильною объяснить самый простой и принципиально самый важный случай электрического тока, именно случай тока в сверхпроводящей цепи. Так или иначе, но наши основные физические воззрения должны быть достаточно тщательно проанализированы в отношении их вероятного приближения к сущности явлений природы. Блуждания физической мысли в принципиальном вопросе, касающемся общей обстановки всякого взаимодействия, совершенно не соответствует задачам науки.

Второй мотив настоящего моего выступления состоит в следующем. Работая в области физических основ электротехники, являющейся не чем иным, как одним из отделов прикладной физики, я особенно остро ощущаю разрыв между принципиальными установками современной физики и теми физическими представлениями, которыми оперирует электротехника. Я имею в виду, главным образом, созданное трудами Фарадея и Максвелла учение о магнитном потоке и его физических свойствах. С точки зрения современной физики, культивирующей представление о действии на расстоянии, магнитный

<sup>1</sup> Доложено в Общем собрании Академии Наук СССР 4 октября 1933 г.

<sup>1</sup> См. настоящий сборник, статья II.

поток есть чистая фикция, между тем как внимательное рассмотрение процессов, с которыми имеет дело электромеханика, убеждает нас в справедливости общих фарадее-максвелловских взглядов и заставляет нас трактовать магнитный поток в качестве объективной реальности. Я полагаю, что подобное разногласие между практикой и теорией должно быть подвергнуто критическому рассмотрению и изжито. По существу, его не должно быть. Устранение его не только может быть полезно как для практики, так и для теории, но и безусловно необходимо.

3. Было бы в высокой степени ошибочно усматривать в качестве мотива моей борьбы в защиту фарадее-максвелловской принципиальной установки и против точки зрения «физического» действия на расстоянии какое-либо стремление вернуть науку вспять к эпохе Фарадея.

Когда мы идем в направлении некоторой определенной цели и при этом вместо того, чтобы продвигаться по открывающемуся перед нами кратчайшему пути, как-либо сбиваемся с данного правильного пути и попадаем на извилистые окольные дороги, есть полное основание обратить на это внимание. Хотя бы даже окольные дороги и позволяли нам, несмотря на ряд встречающихся тупиков, в общем приближаться к цели, рационально как можно скорее вернуться на правильный путь. Для этого, вообще говоря, нет никакой надобности обязательно возвращаться вспять к исходной точке. Достаточно только постараться просто перейти на правильный путь. В таком случае мы сохраним полностью все преимущества достигнутого уже приближения к цели и более уверенно пойдём дальше вперед.

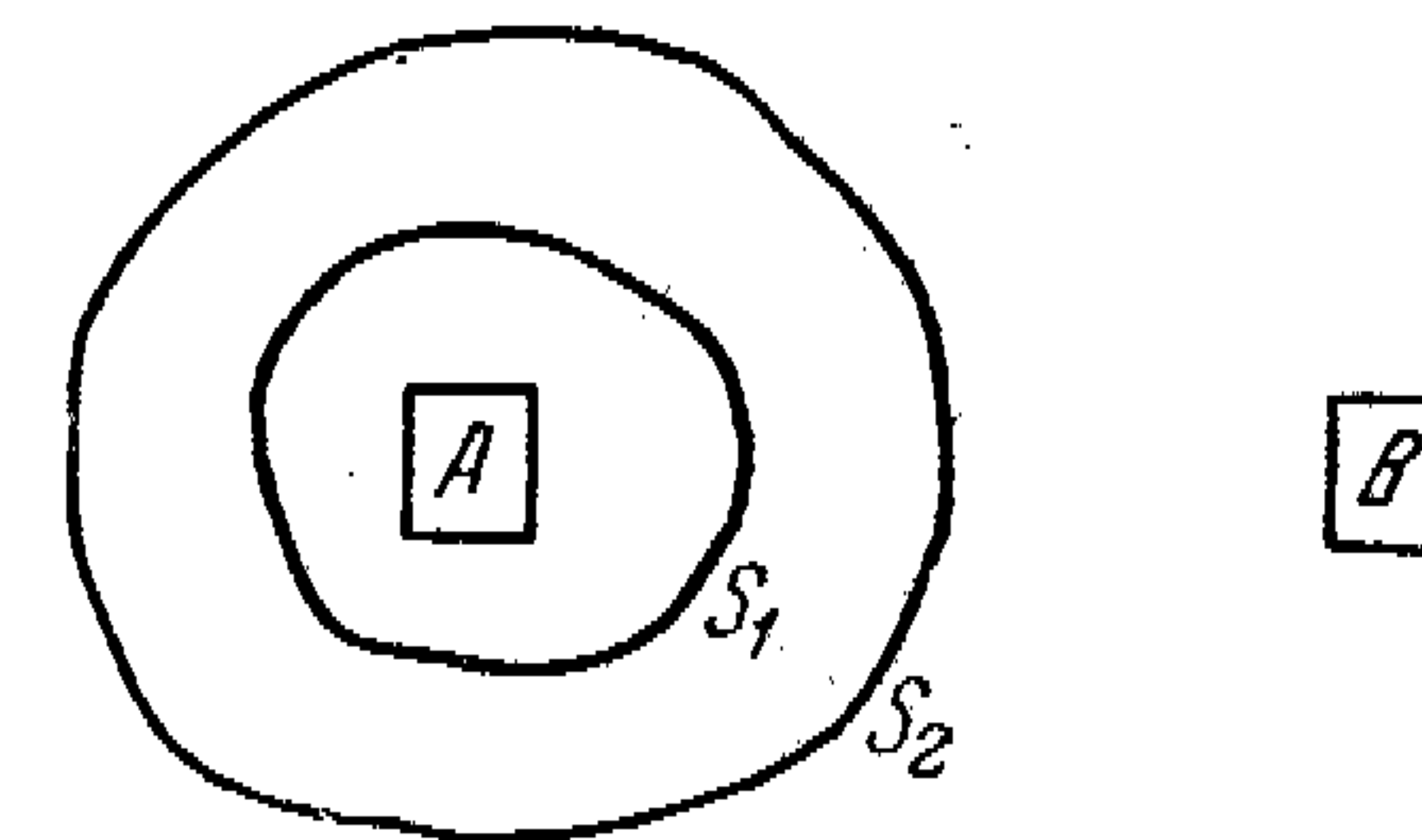
Точно так же дело обстоит и в отношении пропагандируемого мною возвращения на путь, указываемый нам основными установками Фарадея и Максвелла. Для этого вовсе не требуется забыть все, что дала физическая наука за последние десятилетия, и вернуться к какой-либо стадии наших знаний, соответствующей пережитым уже эпохам. Мы можем и, по моему мнению, должны, сохраняя все преимущества современного приближения к конечной цели возможно большему познанию природы, осветить научные достижения наших дней с точки зрения Фарадея и Максвелла. Это даст только новую пищу физической мысли, откроет новые горизонты и позволит еще более быстрым темпом и более уверенно двигаться дальше в направлении стоящей перед нами цели.

4. Я стремился в своей речи возможно отчетливее вскрыть физическую непримиримость точек зрения фарадее-максвелловской и действия на расстоянии. С этой целью я сформулировал вопрос, который в наиболее общем виде сводится к следующему. Представим себе две взаимодействующие системы  $A$  и  $B$  (фиг. 3), расположенные на каком угодно расстоянии одна от другой (сколь угодно малом или сколь угодно большом). Это могут быть две материальные массы, тяготеющие одна к другой, два электрические заряда, два магнита или электромагнита, две какие-либо электрические цепи, по которым протекают токи, и т. п. Допустим далее, что система  $A$  окружена со

всех сторон двумя замкнутыми поверхностями  $S_1$  и  $S_2$ , нигде не касающимися между собою и не пересекающимися. Спрашивается:

Могут ли системы  $A$  и  $B$  взаимодействовать одна с другою так, чтобы при этом в слое, ограниченном поверхностями  $S_1$  и  $S_2$ , не происходило какого бы то ни было физического процесса?

5. Я полагаю, что всякий исследователь, стремящийся проникнуть в сущность физических явлений, и может, и должен дать на этот вопрос вполне определенный ответ: «да» или «нет». Совершенно невозможно допустить мыслимость некоторого третьего ответа. Не может быть также и речи о каком-либо синтезе этих принципиально противоположных и исключаяющих друг друга ответов «да» и «нет», так как нельзя представить себе построение такой физической теории, согласно которой в слое между поверхностями  $S_1$  и  $S_2$  в одно и то же время и происходил бы некоторый физический процесс, и решительно ничего не происходило бы. Опыт, к сожалению, показывает, что обычно довольно затруднительно получить со стороны лиц, привыкших к современным физическим представлениям, определенный ответ на поставленный мною вопрос. Чрезвычайно редко можно услышать ответ «нет». В огромном большинстве случаев никакого определенного ответа не дается, а вместо этого иногда делаются попытки возражать против правильности и законности постановки сформулированного мною вопроса. Однако, возражения этого рода не трудно опровергнуть.



Фиг. 3.

Действительно, как бы мы ни смотрели на сущность происходящих в природе процессов, все мы принимаем за нечто безусловно достоверное тот факт, что системы  $A$  и  $B$  могут как-то физически взаимодействовать. Нельзя, далее, представить себе какие-либо доводы против утверждения, что в слое, ограниченном поверхностями  $S_1$  и  $S_2$  (фиг. 3), либо может, вообще говоря, происходить какой бы то ни было физический процесс, либо он может совершенно отсутствовать. Что-либо третье, кроме этих двух возможностей, не мыслимо, как я уже указывал выше. В связи с этим мы имеем полное право сопоставлять факт взаимодействия систем  $A$  и  $B$  с вероятностью наличия или с вероятностью отсутствия какого бы то ни было физического процесса в слое между поверхностями  $S_1$  и  $S_2$  и иметь по этому поводу суждение. Таким образом сформулированный мною вопрос, побуждающий нас взвесить вероятность того или другого, необходимо признать вполне допустимым, правильным и законным.

Речь могла бы идти только о том, что (желательно, быть может, изыскать пример, более выпукло иллюстрирующий антагонизм между двумя рассматриваемыми принципиальными точками зрения, чем это

сделал я. Feci quod potui, faciant meliora potentes. Если это кому-либо удастся, могу только приветствовать.

6. С фарадее-максвелловской точки зрения, которая представляется мне единственно приемлемой, на сформулированный мною вопрос необходимо ответить «нет».

Ответ «да» логически вытекает из точки зрения действия на расстоянии, которой придерживается физика наших дней.

Всякое уклонение от прямого ответа на поставленный мною вопрос, всякие оговорки или имеющие характер таковых оговорок рассуждения клонятся обычно к оправданию ответа «да».

7. Обращаясь к внутреннему содержанию ответов «нет» и «да» на мой вопрос, необходимо прежде всего иметь в виду, что свойства, обнаруживаемые в каком бы то ни было физическом явлении, мыслимы только в непосредственной связи с каким-то носителем этих свойств, т. е. в связи с некоторою объективною реальностью, которую можно назвать физической реальностью. Далее, всякая физическая реальность или сколь угодно малая часть ее обязательно занимает соответствующий ей объем нашего трехмерного пространства.<sup>1</sup> Наконец, мы никак не можем представить себе пространственной разобщенности самой физической реальности и ее характерных свойств. Нельзя допустить, чтобы физическая реальность была расположена в одном месте, а ее свойства сами по себе, в оторванном виде, локализовались бы где-либо в другом месте. И то, и другое мы должны мыслить объединенным в одном и том же объеме.

Рассмотрим теперь систему *A*, наличие которой обуславливает возникновение некоторого физического действия на другую систему *B*, расположенную, вообще говоря, где угодно, на каком угодно расстоянии от системы *A*. Конкретно мы можем мыслить, например, о двух электрических зарядах. При отсутствии заряда *A* заряд *B* данного физического действия не испытывает. В связи с этим мы можем утверждать, что в каждой точке пространства вокруг электрического заряда *A* обнаруживаются какие-то физические свойства, именно способность действовать на заряд *B*.

По поводу рассматриваемых свойств могут быть сделаны два предположения.

Предположение первое. Эти характерные свойства возникают в некотором отдельном участке пространства только вследствие появления там заряда *B*.

Предположение второе. Эти свойства, определяемые наличием заряда *A*, как-то были уже распределены во всем окружающем заряд *A* пространстве совершенно независимо от появления заряда *B*, роль которого в таком случае сводится лишь к обнаружению данных свойств.

Первое предположение представляется в высокой степени неправдоподобным и противоречащим всей совокупности того, что мы знаем

о силовом поле. В этом отношении можно, например, указать на следующее. В любой точке пространства, окружающего заряд *A*, свойство воздействовать на заряд *B* возникает лишь через некоторый промежуток времени, считая от момента появления заряда *A*, т. е. с каким-то запозданием. Однако, в случае предварительного установления силового поля заряда *A*, данное свойство поля мгновенно обнаруживается при внесении в него заряда *B*. На основании этого мы заключаем, что рассматриваемое свойство было приобретено всеми участками пространства, занятого силовым полем, благодаря какому-то подготовительному процессу еще до внесения заряда *B*.

Остается, следовательно, только второе предположение, а именно, что специфические свойства пространства, как-то закономерно ориентированные около центра, в котором расположен заряд *A*, имеют место независимо от наличия заряда *B*. Достоинно особого внимания то обстоятельство, что даже современная математическая теория силового поля, по существу, базируется на этом последнем предположении.

Принимая во внимание сказанное раньше о непосредственной связи свойств с их носителем, необходимо признать, что те или иные характерные свойства данного силового поля присущи какому-то реальному носителю этих свойств, т. е. физической реальности или, выражаясь обычным языком, некоторой среде, находящейся в пространстве именно там, где обнаруживается силовое поле, т. е. везде, где есть это поле.

Таким образом, мы имеем логические обоснования принципиальной фарадее-максвелловской установки, согласно которой все физические взаимодействия совершаются не иначе, как при непрерывном участии среды, окружающей взаимодействующие центры. Отсюда же совершенно естественно вытекает и ответ «нет» на сформулированный мною вопрос.

Считаю долгом указать, что весь ход мыслей, изложенных выше, целиком позаимствован мною у Фарадея и, по существу, почти ничего нового я не добавил.<sup>1</sup>

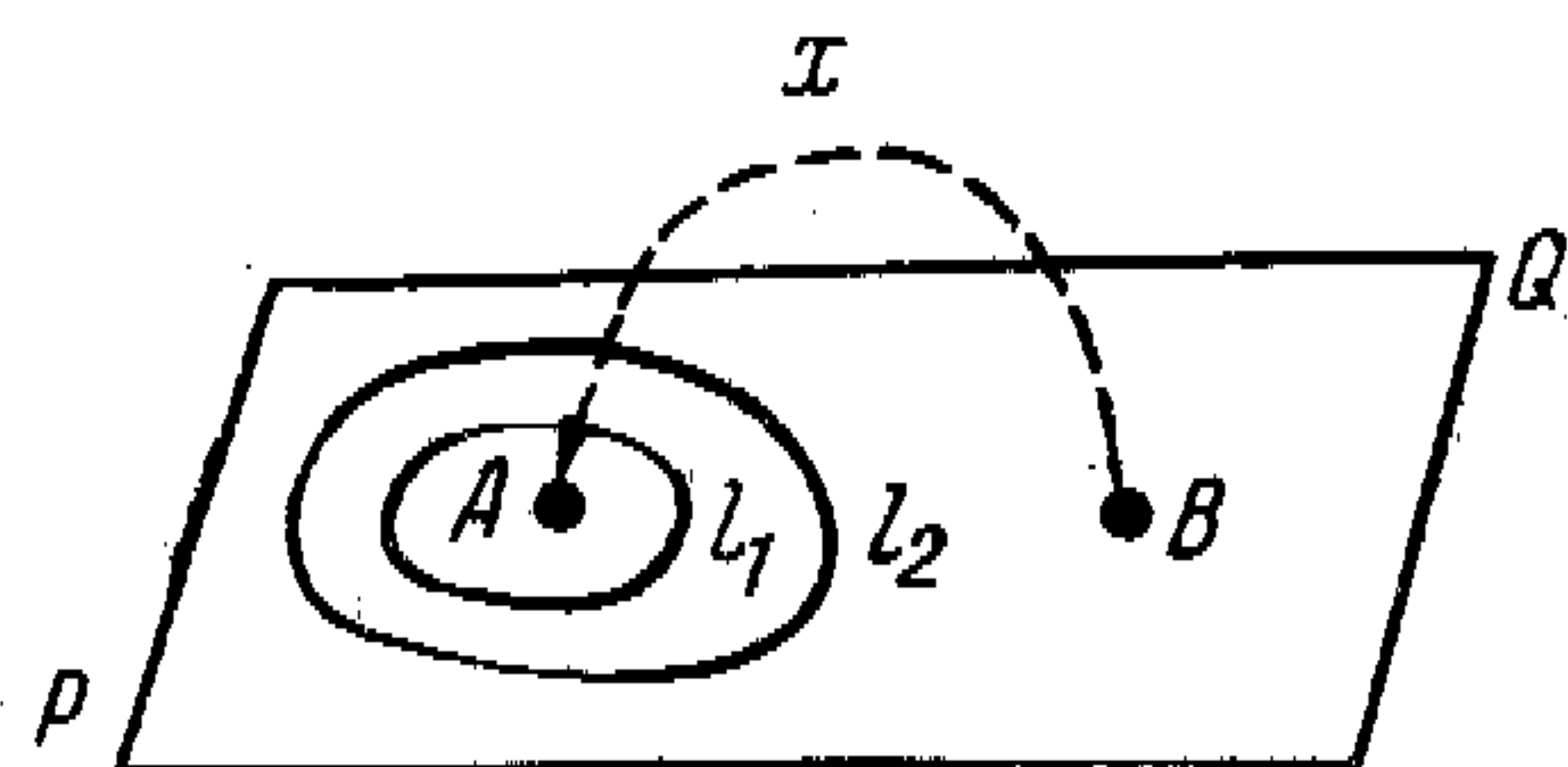
8. Противоположная точка зрения, признающая возможность «физического» действия на расстоянии и в связи с этим приводящая к ответу «да» на мой вопрос, отвергает все вышеприведенные обоснования фарадее-максвелловской установки и допускает реальное существование абсолютно пустого пространства, решительно ничем не заполненного. Последнее допущение является главным моментом во всех рассуждениях с точки зрения действия на расстоянии, тогда как идея о пространстве абсолютно пустом, самом по себе, без заполняющей его какой-либо материи, в самом широком смысле этого слова, есть лишь один из примеров математической абстракции и не имеет, по моему мнению, прямого отношения к реальному миру физических явлений. Об этом я уже говорил в своей речи. Итак, первый,

<sup>1</sup> См., например, Faraday, Experimental Researches in Electricity, vol. III, pp. 571, 572.

<sup>1</sup> См. упомянутую выше речь — «Основные воззрения современной физики», стр. 19 настоящего сборника.

основной упрек по адресу точки зрения действия на расстоянии состоит в том, что она вводит в круг физического мышления чистую фикцию — абсолютно пустое пространство.

Допустим, однако, на время, что абсолютно пустое пространство может реально существовать и что оно разделяет две взаимодействующие системы  $A$  и  $B$  (фиг. 3), занимая весь объем слоя между поверхностями  $S_1$  и  $S_2$ . Ясно, что в таком случае данный слой не содержит в себе никакой физической реальности, и поэтому мы должны считать его совершенно непроницаемым для какого бы то ни было физического процесса, способного осуществлять связь между взаимодействующими системами  $A$  и  $B$  в пределах нашего трехмерного пространства. Иными словами, при данных условиях мы не можем мыслить какой-либо проходящей через этот слой линии физической связи между системами  $A$  и  $B$ . Если системы все же взаимодействуют, т. е. если между ними все-таки существует некоторая связь, то очевидно, что она должна осуществляться как-то помимо замкнутого слоя,



Фиг. 4.

ограниченного поверхностями  $S_1$  и  $S_2$ . Но это значит, что линия связи между  $A$  и  $B$  выходит из пределов трехмерного пространства и пролегает где-то в пространстве с большим, чем три, числом измерений, например, в четырехмерном пространстве.

Для пояснения сказанного я воспользуюсь аналогией, прибегнув к пространствам с пониженным числом измерений. Рассмотрим какое-нибудь двумерное пространство, скажем, поверхность  $PQ$  (фиг. 4). Пусть точки  $A$  и  $B$  символизируют наши взаимодействующие системы. Окружим, далее, точку  $A$  двумя замкнутыми кривыми  $l_1$  и  $l_2$ , лежащими на поверхности  $PQ$ , нигде не касающимися одна другой и не пересекающимися. В таком случае, всякая линия геометрической связи между точками  $A$  и  $B$ , лежащая в пределах двумерного пространства  $PQ$ , обязательно должна пройти через зону, ограниченную линиями  $l_1$  и  $l_2$ . Но если эта зона запрещена для геометрической связи между точками  $A$  и  $B$ , то искомая связь может быть осуществлена только помимо запрещенной зоны, а именно при помощи какой-либо линии  $x$ , соединяющей точки  $A$  и  $B$  вне рассматриваемого двумерного пространства  $PQ$ , т. е. через трехмерное пространство, как это показано на фиг. 4 пунктирной линией.

Совершенно аналогичным образом и в случае взаимодействия систем  $A$  и  $B$  (фиг. 3), если слой между поверхностями  $S_1$  и  $S_2$  запрещен для какой-либо физической связи данных систем, а эту физическую связь мы всегда ассоциируем с линией геометрической связи между ними, — то эту последнюю мы вынуждены искать за пределами нашего трехмерного пространства, именно в четырехмерном пространстве.

Защитники точки зрения действия на расстоянии могут, конечно, мне указать, что связь физического взаимодействия систем  $A$  и  $B$  не нужно обязательно ассоциировать с какой-либо лишней геометрической связью между ними и что вовсе не нужно так примитивно рассуждать. На это я возражу следующим образом. Какая бы то ни было связь между системами  $A$  и  $B$  не может иметь места в условиях абсолютной изолированности этих систем. Благодаря наличию запрещенного слоя между поверхностями  $S_1$  и  $S_2$ , который совершенно разделяет наше трехмерное пространство на две разобщенные части, системы  $A$  и  $B$  оказываются принадлежащими к двум абсолютно изолированным одна от другой областям трехмерного пространства. Для того, чтобы эти системы все же могли быть связаны взаимодействием, они так или иначе должны быть объединены в одной и той же пространственной непрерывности. Формально можно допустить, что две отдельные трехмерные пространственные непрерывности охватываются одной общей четырехмерной пространственной непрерывностью, т. е. четырехмерным пространством. Это именно и констатируется возможностью построения линии геометрической связи между системами  $A$  и  $B$  сквозь незапрещенное четырехмерное пространство.

9. До настоящего времени физика не занималась явлениями, происходящими в четырехмерном пространстве, вне нашего трехмерного пространства. Все это увело бы нас в совершенно чуждую область. Герц, за которым нельзя не признать глубокого проникновения в сущность явлений природы, в своей гейдельбергской речи на тему «О соотношениях между светом и электричеством», касаясь попыток физического объяснения электрических явлений при помощи действия на расстоянии, указал, что таким путем мы привносим в науку элементы чего-то, имеющего спиритический характер.

Действительно, как известно, многие теоретики спиритизма и между ними некоторые выдающиеся ученые, привыкшие верить в существование спиритических явлений и пытавшиеся научно обосновать свое отношение к ним, обычно базировали свои суждения именно на допущении физической связи между явлениями, протекающими в нашем трехмерном пространстве и в охватывающем его четырехмерном пространстве. Однако, самая реальность спиритических явлений представляется более чем сомнительной. Об этом, между прочим, с полной достоверностью свидетельствуют результаты работ ряда специальных комиссий Лондонского общества для психических исследований, а также многочисленные труды одного из наиболее деятельных и объективных членов этого общества Франка Подмора. Совершенно несомненно, что спиритические явления вполне объясняются сознательным, а иногда даже подсознательным, введением участников сеансов в заблуждение, и все это обычно в высокой степени осложняется наличием массового гипноза или самогипноза. Одним словом, четырехмерное пространство тут совсем не при чем. Дело обстоит гораздо проще, и нет решительно никаких оснований привлекать к ответственности четырехмерное пространство.



Тем меньше оснований прибегать к четырехмерному пространству в случае рассмотрения вопроса о природе физических явлений.

10. Сказанное выше несколько не противоречит закономерности и целесообразности использования идеи о многомерных пространствах в процессе математических операций, к которым иногда весьма полезно и даже необходимо прибегать в некоторых специальных отделах современной теоретической физики. В области высшего анализа не может быть никаких ограничений для формально правильного развития математических представлений. Но в области нашего физического мышления, в особенности при рассмотрении вопроса о вероятной природе физических явлений, несомненно приходится считаться с некоторыми ограничениями, вытекающими из наших общих принципиальных установок, и не выходить за пределы нашей нормальной пространственно-временной непрерывности, в которой эти явления имеют место.

11. Некоторые защитники точки зрения «физического» действия на расстоянии утверждают, что возражения против этого воззрения проистекают, главным образом, вследствие неспособности отдельных лиц, занимающихся вопросами физики, подняться несколько выше элементарных представлений, между тем как все дело в привычке. Указывается, что нам остается лишь преклониться перед фактом действия на расстоянии и, просто-напросто, к этому факту привыкнуть. Тот, кто к этому факту привык, будто бы не испытывает ни малейшего затруднения от того, что с этим фактом ему приходится оперировать.<sup>1</sup>

Я совершенно согласен с тем, что ко многому можно привыкнуть, в особенности, добавляю от себя, если при этом мы не контролируем образующихся привычек и к тому же не сопротивляемся влиянию самогипноза или массового гипноза, наличие которого во многих случаях можно констатировать. Не чем иным, а именно слепым подчинением привычному методу мышления, в значительной степени объясняется и необычайная в свое время стойкость некоторых отживших уже научных теорий и воззрений. Напомним хотя бы о птоломеевой системе мира, о невесомых жидкостях, о теории флогистона. Замечательно при этом, что несмотря на несомненную ошибочность некоторых научных воззрений старого времени они иногда позволяли все же неуклонно идти вперед по пути прогресса. Например, Сади Карно, считая теплоту за неразрушимый агент, что, как мы знаем теперь, не соответствует действительности, пришел к верному результату при рассмотрении вопроса о совершении работы паровой машины. И в наше время, конечно, вполне возможны аналогичные случаи. Но это не мотив для защиты некоторых привычных научных представлений, в частности, представления о «физическом» действии на расстоянии.

Во всяком случае, я не отрицаю весьма важного значения привычек в нашем научном мышлении, но ставлю вопрос, не представляет-

ся ли целесообразным внимательно проанализировать их и начать совместную борьбу против нерациональных привычек.

12. Итак, на основании всего изложенного выше, я утверждаю, что господствующее теперь в науке привычное представление о действии на расстоянии, являясь по существу лишь математической абстракцией, иногда полезной и ценной, не должно быть объективировано в качестве первичного физического явления, т. е. не должно трактоваться в качестве «физического» действия на расстоянии, так как это никоим образом не может соответствовать тому, что происходит в действительности.

Несмотря на, казалось бы, полную очевидность псевдофизического характера идеи о действии на расстоянии, она продолжает играть роль привычного основного фона современной физической мысли и накладывает на нее своеобразный отпечаток.

Все мои принципиальные физические установки прямо или косвенно, явно или неявно вытекают из категорического отрицания допустимости «физического» действия на расстоянии. Должен признаться, однако, что в этом отношении у меня пока имеются, к сожалению, более или менее серьезные расхождения со многими моими коллегами по Академии Наук, в том числе, например, с академиками А. Ф. Иоффе, С. И. Вавиловым, с членами-корреспондентами Академии — Я. Н. Шпильрейном, Я. И. Френкелем, И. Е. Таммом и Г. А. Гамовым. Степень указанного расхождения варьирует в очень широких пределах, от некоторого лишь различия в четкости основных установок до полной противоположности.

Едва ли мыслимы какие-либо возражения против того, что необходимо, наконец, подвергнуть тщательному обсуждению важнейший принципиальный вопрос о возможности «физического» действия на расстоянии. Я совершенно уверен, что наша совместная работа в Академии Наук представляет для этого все возможности и, в частности, страницы «Известий» Академии открыты каждому из нас для изложения своего суждения по данному поводу. Путем обмена мнений мы придем, конечно, к объединяющим нас основным установкам. Мои попытки вызвать в стенах АН обмен мнений по этому вопросу были до сих пор безрезультатны.

13. В заключение можно следующими положениями резюмировать все мои мысли касательно допустимости «физического» действия на расстоянии:

а) В современной теоретической физике представление о действии на расстоянии играет доминирующую роль без достаточных к тому оснований.

б) Действие на расстоянии не может быть рассматриваемо в качестве первичного явления, т. е. в качестве «физического» действия на расстоянии.

в) Принципиальная фарадее-максвелловская установка, выдвигающая на первый план неперемное участие среды во всех физических взаимодействиях, совершенно несовместима с точкой зрения «физического» действия на расстоянии.

<sup>1</sup> См., например, стенограмму третьей беседы о природе электрического тока, выступление Я. И. Френкеля. «Электричество», 1930, № 10, стр. 428.

г) Ввиду своего псевдо-физического характера, представление о действии на расстоянии может быть допустимо только при формально-математическом описании физических явлений, а также при анализе физических закономерностей.

д) Настоятельно необходим критический пересмотр основных установок современной физики, прямо или косвенно вытекающих из представления о «физическом» действии на расстоянии.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> См. выдержки из дискуссии по этому докладу. Часть II настоящего сборника, статья XVIII.

#### IV

### О НЕКОТОРЫХ ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ, ОТНОСЯЩИХСЯ К ОБЛАСТИ ФИЗИКИ<sup>1</sup>

В своих предыдущих докладах «Основные воззрения современной физики» и «О «физическом» действии на расстоянии»<sup>2</sup> — я сделал попытку подвергнуть анализу, с самой общей точки зрения, содержание главных физических представлений и, в частности, особо остановился на условиях, необходимых для осуществления какого бы то ни было физического взаимодействия. Само собой разумеется, что ввиду чрезвычайной обширности затронутой мною темы не могло быть и речи о том, чтобы достаточно обстоятельно, явным образом, охватить все, что имеет для современной физики несомненно актуальное значение. В связи с этим, в настоящем докладе я предполагаю несколько развить и дополнить сказанное мною раньше, сосредоточив внимание на ряде положений, внутренне объединенных между собою и представляющихся мне первоочередными.

Учитывая наличие серьезных разногласий касательно многих основных положений, относящихся к области физики, а также возникающие на этой почве недоразумения и поводы для взаимного непонимания, я стремлюсь надлежащей, более или менее отчетливой формулировкой, по крайней мере, некоторых принципиальных установок, наметить такой путь логических умозаключений, который в общем был бы присмел в качестве соответствующего вероятной природе вещей.

Выдвигаемые мною положения представлены в виде серии вопросов, соподчиненных до известной степени и построенных, как мне кажется, таким образом, что на них можно ответить только «да» или «нет», при исключенном третьем. Содержание каждого из вопросов, в совокупности с ответом «нет», следует рассматривать как вполне определенное положение. В случае ответа «да», хотя бы на один из вопросов, некоторые из них теряют всякий смысл. Впереди идут вопросы, которые могут показаться очень примитивными и просто самоочевидными, но я полагаю, однако, что они весьма полезны и даже необходимы в качестве вводных, наводящих вопро-

<sup>1</sup> Доложено в Общем собрании Академии Наук СССР 28 апреля 1934 г.

<sup>2</sup> См. настоящий сборник, статьи II и III.

сов. С чисто формальной точки зрения, два первых вопроса не имеют решительно никакого отношения к области физики.

Итак, переходим к вопросам:

*Вопрос 1.* Можно ли разложить специфические качества художественного изваяния (например, какого-либо произведения Микель-Анджело) на элементарные свойства частиц мрамора, из которого это изваяние выполнено?

*Вопрос 2.* Правдоподобно ли предположение, что специфические качества какого-либо сложного механизма (например, точных астрономических часов или аэроплана), принадлежащие ему как некоторому целому, могут быть сведены к простой сумме элементарных свойств отдельных механических деталей, из которых состоит данный сложный механизм?

*Вопрос 3.* Соответствует ли вероятной природе вещей предположение, что какая-либо простейшая совокупность, состоящая из двух входящих в нее физических реальностей<sup>1</sup> (например, комбинация протона и электрона, являющаяся атомом водорода, или комбинация атома водорода и атома хлора, образующая молекулу соляной кислоты и т. п., или же, наконец, совокупность любых двух объектов одного и того же рода, вообще), обладает только такими качественными характеристиками, которые могут быть рассматриваемы как простая сумма элементарных свойств отдельных слагаемых?

*Вопрос 4.* Соответствует ли вероятной природе вещей предположение, что какая бы то ни было совокупность, состоящая из произвольного количества входящих в нее дискретных физических реальностей, обладает только такими качественными характеристиками, которые могут быть рассматриваемы как простая сумма некоторых свойств отдельных слагаемых?

*Вопрос 5.* Можно ли утверждать, что существует такой физический процесс, иными словами, такое движение в общепhilosophическом смысле слова (применительно к области физических явлений), в состав которого не включается какое бы то ни было механическое движение, понимаемое как пространственное перемещение некоторой физической реальности, соответствующей рассматриваемому процессу, или ее частей?

*Вопрос 6.* Соответствует ли вероятной природе вещей утверждение, что какой-либо физический процесс (например, электромагнитное поле или тепловой процесс и т. п.) обладает, как целое, только такими качественными характеристиками, которые могут быть сведены к простой сумме некоторых свойств, принадлежащих элементарным механическим движениям (см. вопрос 5), имманентно связанным

<sup>1</sup> Физическую реальностью называется объективная реальность, которая участвует в некотором физическом явлении в качестве носителя свойств, обнаруживаемых в этом явлении. См. настоящий сборник, статья II.

с данным физическим процессом, т. е. обязательно заключающимся в нем?

*Вопрос 7.* Соответствует ли вероятной природе вещей утверждение, что какой-либо сложный физический процесс обладает, как целое, только такими качественными характеристиками, которые могут быть сведены к простой сумме специфических свойств дискретных физических процессов, входящих в состав данного сложного процесса?

*Вопрос 8.* Правдоподобно ли предположение, что в некотором физическом процессе, как таковом, могут иметь место какие бы то ни было изменения количественного или качественного характера при полном отсутствии соответствующих изменений в элементарных механических движениях, имманентно связанных с данным физическим процессом?

*Вопрос 9.* Могут ли какие-либо два физических процесса взаимодействовать друг с другом так, чтобы при этом не имело места также и какое бы то ни было соответствующее взаимодействие между теми элементарными механическими движениями, которые имманентно связаны с каждым из данных физических процессов в отдельности?

*Вопрос 10.* Может ли наше заключение по предыдущему вопросу 9-му измениться в связи с тем, что вместо двух мы рассматриваем сколь угодно большое число дискретных физических процессов, как-то взаимодействующих между собою?

*Вопрос 11.* Могут ли случайность и необходимость в области физических процессов, вообще, трактоваться совершенно независимо от случайности и необходимости в отношении тех элементарных механических движений, которые имманентно связаны со всеми без исключения физическими процессами?

*Вопрос 12.* Могут ли случайность и необходимость в области физических процессов трактоваться вне всякой связи с механическим принципом причинности?

*Вопрос 13.* Можно ли, признавая механический принцип причинности и единство мира, допустить в области физических процессов существование таких причинных связей, которые были бы абсолютно независимы друг от друга?

*Вопрос 14.* Можно ли, признавая механический принцип причинности, допустить в области физических процессов объективную реальность абсолютной случайности, понимаемой как событие, абсолютно не подчиненное какой бы то ни было причинной связи с другими событиями, среди которых оно возникает?

*Вопрос 15.* Есть ли основание принципиально отрицать, что в области физических процессов, кроме прямой необходимости, может иметь место только относительная случайность, понимаемая как событие, неизбежно возникающее в результате соответственного комплекса причинных связей (причем это событие происходит всякий раз, когда указанный комплекс удовлетворяет надлежащим пространственно-временным условиям)?

*Вопрос 16.* Можно ли отрицать, что различные группы относительных случайностей в области физических процессов характеризуются свойственными им закономерностями и соответствующими специфическими качествами?

*Вопрос 17.* Можно ли, вообще, отрицать объективную реальность относительной случайности в области физических процессов?

Совокупность ответов «нет» на все 17 вопросов обязывает нас принять вполне конкретную схему основных положений, в общем, по моему мнению, соответствующих тому, что действительно происходит в области физических явлений. Ясно, конечно, что некоторые из этих положений, по существу, выходят далеко за пределы физики, как таковой, имеют прямое отношение ко всем сторонам мироздания в целом (включая явления биологические, психические, социальные и т. д.) и вместе с тем предусматривают ряд дальнейших выводов.

В заключение я считаю необходимым высказать предположение, что многие болезненные блуждания современной физической мысли (а, быть может, это относится и не только к физической мысли) должны сами собой устраниться в случае, если бы было признано наиболее правильным на все сформулированные мною вопросы ответить безоговорочным «нет».

## V

### О МЕХАНИСТИЧЕСКОЙ ТОЧКЕ ЗРЕНИЯ В ОБЛАСТИ ОСНОВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ<sup>1</sup>

1. Грандиозные успехи современной физики настолько отвлекли внимание исследователей природы от некоторых совершенно здравых и непреложных утверждений старой, классической физики, что теперь считается чем-то весьма предосудительным говорить, например, о каких-либо механических движениях, сопровождающих то или иное физическое явление (электромагнитное поле, магнитный поток, диффракция электронов в связи с их волновой природой и т. п.). Нередко при этом рассмотрение подобных механических движений квалифицируется как приверженность к механистической точке зрения. На этой почве возникло и продолжает возникать немало недоразумений, являющихся серьезным препятствием к правильной постановке вопроса о возможно более глубоком понимании природы физических явлений. Данная статья представляет собою попытку хотя бы частично проанализировать и несколько разъяснить ряд недоразумений такого рода.

2. Так как в настоящее время самый термин «механическое движение» может казаться не вполне безупречным, в особенности при рассмотрении микрофизических явлений, то я во избежание в дальнейшем каких-либо недомолвок и неясностей считаю необходимым указать, какое именно содержание я вкладываю в этот термин. Стремясь дать возможно более общее определение, под механическим движением я буду понимать пространственное перемещение некоторой физической реальности, соответствующей рассматриваемому процессу, или частей этой физической реальности. Под физической же реальностью я разумею такую объективную, т. е. существующую вне нашего сознания, реальность, которая участвует в некотором физическом явлении в качестве носителя свойств, обнаруживаемых в этом явлении. При этом, каковы бы ни были наши представления о пространстве, в котором протекают во времени различные физические процессы, будет ли это пространство Эвклида, или пространство Лобачевского, или пространство Эйнштейна, или же, наконец, любое иное пространство, всякая физическая реальность в целом или

<sup>1</sup> Статья, написанная для сборника «Фридриху Энгельсу АН СССР».

сколь угодно малая ее часть обязательно занимает некоторый объем нашего трехмерного пространства. Наука о природе не знает физических реальностей, не занимающих никакого объема. Всякая попытка строить представление о физической реальности, отвлекаясь от обязательности ее объемной характеристики, должна быть рассматриваема как яркий пример ошибочного объективирования математических абстракций.<sup>1</sup>

3. В своем докладе «О некоторых основных положениях, относящихся к области физики», сделанном в Общем собрании АН СССР 28 апреля 1934 года,<sup>2</sup> я сформулировал ряд общих положений в виде вопросов, на которые со своей стороны я отвечаю категорическим «нет». Некоторые из этих вопросов (именно 5—9) непосредственно касаются темы настоящей статьи. Считаю поэтому целесообразным остановиться на их содержании.

*Вопрос 5.* Можно ли утверждать, что существует такой физический процесс, иными словами, такое движение в общепhilософском смысле слова (применительно к области физических явлений), в состав которого не включается какое бы то ни было механическое движение, понимаемое как пространственное перемещение некоторой физической реальности, соответствующей рассматриваемому процессу, или ее частей?

В совокупности с ответом «нет» этот вопрос, подобно некоторым последующим вопросам, является в сущности лишь одним из тезисов диалектического материализма. Действительно, у Энгельса мы встречаем, между прочим, нижеследующие совершенно определенные суждения о связи всякого движения (т. е. в области физики — всякого явления или процесса) с механическим движением:

«Всякое движение включает 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».<sup>3</sup>

«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».<sup>4</sup>

Казалось бы, ответ «нет» на мой вопрос пятый является совершенно обязательным для всякого физика, стремящегося углубленно рассматривать природу вещей, и должен составлять один из главных элементов нормального фона физического мышления. Однако в действительности обычно наблюдается обратное. В огромном большинстве случаев современный физик склоняется к ответу «да»

<sup>1</sup> См. настоящий сборник, статья II.

<sup>2</sup> См. настоящий сборник, статья IV.

<sup>3</sup> Энгельс. «Диалектика природы», изд. 6-е, 1932, стр. 80.

<sup>4</sup> Там же, стр. 130.

и допускает, таким образом, что существуют физические процессы, не сопровождаемые теми или иными механическими движениями, т. е. пространственными перемещениями. Например, в случае стационарного магнитного поля, связанного с постоянным магнитом, магнитный поток, пронизывающий некоторый объем пространства между полюсами магнита, может, якобы, существовать без каких бы то ни было пространственных перемещений соответствующей физической реальности в этом самом объеме. Можно, конечно, пытаться защищать точку зрения, согласно которой магнитное поле и, вообще, электромагнитное поле не являются реальными физическими процессами, а представляют собою лишь продукт нашего воображения, вводимый нами только для удобства и наглядности, но абсурдность подобного предположения была мною достаточно подробно выяснена в ряде выступлений и докладов,<sup>1</sup> и потому я на этом не буду здесь останавливаться.

4. Перехожу теперь к следующим моим вопросам.

*Вопрос 6.* Соответствует ли вероятной природе вещей утверждение, что какой-либо физический процесс (например электромагнитное поле или тепловой процесс и т. п.) обладает, как целое, только такими качественными характеристиками, которые могут быть сведены к простой сумме некоторых свойств, принадлежащих элементарным механическим движениям (см. вопрос 5), имманентно связанным с данным физическим процессом, т. е. обязательно заключающимся в нем?

*Вопрос 7.* Соответствует ли вероятной природе вещей утверждение, что какой-либо сложный физический процесс обладает, как целое, только такими качественными характеристиками, которые могут быть сведены к простой сумме специфических свойств дискретных физических процессов, входящих в состав данного сложного процесса?

Вопросы шестой и седьмой самым непосредственным образом касаются сущности механистической точки зрения в физике. В совокупности с четкими ответами «нет» эти вопросы представляют собою, как было выше уже указано, вполне определенные тезисы диалектического материализма, признание которых заставляет исследователя того или иного физического процесса не считать завершенной задачу изучения этого процесса, когда ему удастся выяснить, какие именно элементарные физические процессы, в пределе, какие именно пространственные перемещения (механические движения) имманентно входят в состав данного сложного процесса. Это есть первый этап изучения и только лишь первый. Остается еще большая работа по изучению специфических особенностей, новых качественных характеристик обследуемой совокупности, воспринимаемой нами как некоторый физический процесс, как некоторое физическое явление своего рода.

«Но если я не имею ничего другого сказать о теплоте, кроме

<sup>1</sup> См. настоящий сборник, статьи II и III.

того, что она представляет собою известное перемещение молекул, то лучше мне замолчать», — говорит Энгельс.<sup>1</sup>

Ответы «да» на вопросы шестой и седьмой свидетельствуют именно о том, что исследователь придерживается механистической точки зрения, согласно которой качественные характеристики некоторой физической совокупности не представляют собою чего-либо в большей или меньшей степени нового, специфического для этой совокупности, но могут быть рассматриваемы как простая «механическая» сумма элементарных свойств, присущих отдельным составным частям данной совокупности, в пределе, присущих элементарным пространственным перемещениям (механическим движениям), которые имманентно связаны со всяким физическим процессом. Подобного рода воззрений в такой же степени ошибочны, как если бы мы утверждали, что специфические качества некоторого художественного изваяния (например, какого-либо произведения Микель-Анджело) могут быть разложены на элементарные свойства частиц мрамора, из которого это изваяние выполнено. Точно так же было бы весьма ошибочно утверждение, что специфические свойства, которыми обладают точные астрономические часы или аэроплан, как целое, могут быть рассматриваемы в качестве простой суммы элементарных свойств отдельных механических деталей, входящих в состав данных сложных механизмов.

Таким образом, сущность механистической точки зрения в области физических представлений состоит не в признании обязательного наличия соответствующего механического движения, т. е. пространственного перемещения, во всяком физическом процессе, во всяком движении (в общепhilosophическом смысле термина «движение»), 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 механических движений. Признание эфира, в котором могут иметь место механические движения, т. е. пространственные перемещения элементарных объемов этой «первоматерии», непрерывно заполняющей все наше трехмерное физическое пространство, — само по себе еще не является признаком механистической точки зрения, подобно тому, как и оперирование, например, с «идеальной» жидкостью Гельмгольца вовсе не должно быть рассматриваемо как свидетельство об идеалистической установке. Нельзя рассуждать с точки зрения филологических признаков.

5. Остаются еще два сформулированных мною вопроса, могущих до известной степени пролить свет на значение роли механических движений (пространственных перемещений), внутренних присущих физическим процессам всякого рода.

<sup>1</sup> Энгельс. «Диалектика природы», изд. 6-е, 1932, стр. 80.

*Вопрос 8.* Правдоподобно ли предположение, что в некотором физическом процессе, как таковом, могут иметь место какие бы то ни было изменения количественного или качественного характера при полном отсутствии соответствующих изменений в элементарных механических движениях, имманентно связанных с данным физическим процессом?

*Вопрос 9.* Могут ли какие-либо два физических процесса взаимодействовать друг с другом так, чтобы при этом не имело места также и какое бы то ни было соответствующее взаимодействие между теми элементарными механическими движениями, которые имманентно связаны с каждым из данных физических процессов в отдельности?

На первый взгляд может показаться, что ответы «нет» на выше-рассмотренные вопросы пятый и шестой не предвещают обязательно отрицательные же ответы и на вопросы восьмой и девятой. В действительности это не так. Некоторое архитектурное сооружение, сложенное из кирпичей, не может претерпеть каких-либо изменений качественного или количественного характера без того, чтобы при этом не имели места и соответствующие изменения, непосредственно касающиеся образующих здание кирпичей, т. е. касающиеся количества этих кирпичей или их расположения. Совершенно аналогичным образом дело обстоит и в отношении элементарных механических движений (пространственных перемещений), являющихся теми «кирпичиками», из которых построено «здание» любого физического процесса. Всякое изменение в элементарных механических движениях, имманентно входящих в состав какого-либо физического процесса, обязательно сопровождается и соответствующим изменением количественного или качественного характера в данном физическом процессе, как целом. Должно также иметь место и обратное соотношение. Совершенно невозможно представить себе какие-либо изменения в некотором физическом процессе без того, чтобы при этом обязательно же не происходили и изменения в соответствующих элементарных механических движениях. Далее, какое-либо взаимодействие между двумя физическими процессами, являющимися более или менее сложными комплексами, абсолютно не мыслимо иначе, как результат непосредственного или связанного с промежуточными процессами взаимного воздействия элементарных составляющих этих сложных комплексов. При этом, конечно, необходимо решительно отвергнуть предположение о возможности реальных проявлений таинственного действия на расстоянии (безразлично, мгновенного или запаздывающего).

6. Если, как это выяснено выше, пространственное перемещение содержится в качестве совершенно неотъемлемой части во всяком движении вообще, во всяком физическом процессе, то, следовательно, стремление познать это пространственное перемещение вполне правильно и целесообразно. Желательно по мере возможности составить себе, наконец, вероятную картину механических движений (пространственных перемещений), присущих каждому физическому явлению.

нию, но надо только помнить, что этим ни в коем случае еще не исчерпывается задача изучения и понимания данного явления со всей его многообразной спецификой. Таким образом, попытки классической физики дать некоторую схему пространственных перемещений, происходящих в электромагнитном поле, не являются сами по себе чем-то, заслуживающим принципиального осуждения. В исторической перспективе их надо рассматривать в качестве совершенно законных, хотя до сих пор и не вполне приведших к цели, попыток сделать то, что в конце концов должно быть сделано. Все эти попытки, кажущиеся некоторым безрезультатными, представляют собою, однако, весьма ценный материал для будущих исследователей. В частности, представляется весьма вероятным, что идея Максвелла о магнитном потоке как о совокупности элементарных вихревых нитей в эфире имеет в основном характер чего-то вскрывающего истинную природу магнитного потока и вполне заслуживающего дальнейших изысканий и углублений.

Итак, представление о каких-либо физических процессах вообще (и в частности об электромагнитном поле, о магнитном потоке и т. д.) вне обязательной связи их с соответствующими элементарными пространственными перемещениями — безусловно ошибочно. Все это представляет собою явный признак физического идеализма, который несомненно является коренной причиной многих патологических уклонов в современной физической мысли. Указанная ошибочная точка зрения в отношении электромагнитного поля чрезвычайно распространена в настоящее время. С этим связаны обычно и все возражения против представления о мировом эфире, как о первичной физической субстанции, объемные элементы которой могут претерпевать какие-либо пространственные перемещения, т. е. находиться в состоянии механического движения.

Как известно, идею о «немеханическом» эфире, т. е. о таком «эфире», к отдельным объемным элементам которого нельзя применять понятие о пространственном перемещении, высказал еще Эйнштейн. Но подобный мистический «эфир» является чем-то, физически бессодержательным, и термин этот, понимаемый в эйнштейновском смысле, представляет собою в действительности не что иное, как лишь своеобразный синоним термина «абсолютная пустота». Конечно, нет никакого физического смысла говорить о пространственных перемещениях объемных элементов «абсолютной пустоты»! Сторонники эйнштейновского «эфира», таким образом, отрываются от физической действительности и уклоняются в сторону физического идеализма. «Мир есть движущаяся материя, ответим мы, и законы движения этой материи отражает механика по отношению к медленным движениям, электромагнитическая теория — по отношению к движениям быстрым» — так сказал Ленин,<sup>1</sup> немногими словами выразивший то, что является сущностью содержания настоящей статьи.

<sup>1</sup> Ленин. Соч., т. XIII, стр. 230, «Материализм и эмпириокритицизм».

7. Достоинно особого внимания, что все главнейшие успехи современной физики по существу тесно связаны с проникновением в характер тех пространственных перемещений, тех движений соответствующих физических реальностей, которые имеют место в различных процессах или в различных физических комплексах, воспринимавшихся ранее как нечто неделимое и самодовлеющее.

Так, например, атом обычной материи предстал теперь перед взором исследователя как целый микрокосмос, как обособленный микроскопический 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 настоящее время, благодаря открытию дифракции материальных лучей и успехам квантовой волновой механики, рисуются в качестве специфических комплексов, имеющих волновую природу. Правда, методы формально-математического описания соответствующих волновых процессов основаны на использовании таких представлений (фазовые волны в многомерных пространствах сколько 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 ошибочному объективированию математических абстракций<sup>1</sup> можно объяснить то обстоятельство, 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 реальные 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. Быть может, мы имеем в данном случае дело с каким-то вихревым движением. В настоящее время в этом отношении можно строить лишь догадки.

8. В заключение настоящей статьи я считаю долгом указать, что необходимо, наконец, вполне определенно реабилитировать «механическое движение», надлежащим образом модернизировав, конечно, содержание этого термина, и раскрепостить физическую мысль, признав за ней законное право оперировать пространственными

<sup>1</sup> См. настоящий сборник, статья II.

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 ФИЗИКИ<sup>1</sup>

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». <sup>2</sup> 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

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

<sup>2</sup> Ленин. Соч., т. XIII, стр. 211, «Материализм и эмпириокритицизм».