ОБЩЕСТВО ВОИНСТВУЮЩИХ МАТЕРИАЛИСТОВ

А. К. Тимирязев

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ и ДИАЛЕКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛИЗМ

Книгоиздательство „МАТЕРИАЛИСТ“ Москва

А. К. ТИМИРЯЗЕВ

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ И ДИАЛЕКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛИЗМ

СБОРНИК СТАТЕЙ

КНИГОИЗДАТЕЛЬСТВО „МАТЕРИАЛИСТ“
МОСКВА — 1925

Отпечатано в типографии „Красный Пролетарий“, Пименовская улица, д. 1/16, в количестве 7.200 экземпляров. Корректура и общее наблюдение Д. А. Штейнбока. Главлит № 36.214.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Собранные в настоящей книге статьи, появившиеся в период 1920—1925 г.г., расположены в порядке их появления. Часть этих статей, относящихся к 1920—1921 годам, представляет ряд обзоров новейших успехов физики, о которых мы узнали в Советской России с большим запозданием вследствие блокады и долго неналаживавшейся доставки научной литературы. По меткому замечанию Владимира Ильича почти каждый успех современного естествознания используется буржуазной философией как повод для новой атаки против материализма. Это явление повторилось снова по поводу тех открытий, которым посвящены первые статьи настоящего сборника. С началом перехода на нэп в 1921—1922 годах при содействии частных издательств, а отчасти и Госиздата [1]) в Советской России началась еще более усиленная атака на материализм, которую повела небольшая часть наших ученых. Атака эта отличалась большим упорством и... большой беззастенчивостью по части фальсификации науки, последнее, правда, является неизбежным последствием попытки опровергнуть материализм. Обзор этих бесплодных попыток дан в статье VI „Поход буржуазной науки против материализма". Так как в изобилии появлявшиеся тогда брошюры разошлись в большом числе экземпляров, то и противоядие в виде перепечатанной статьи VI сохранило свое значение, хотя эта полоса нашей истории довольно скоро была изжита, подтвердив прогноз автора, что это внезапно вспыхнувшее поветрие не может захватить значительной части наших научных работников.

Эта пора сменилась порой усиленного изучения марксистской философии и попыток произвести марксистский анализ современных задач естествознания; в последние два года это движение начинает захватывать значительную часть преподавателей

[1]) Книги Л. Берга „Номогенез" и „Из истории эволюционных идей".

высших школ, ведущих работу с пролетарским студенчеством нашего Советского Союза. Статьи, относящиеся к этому периоду, проникнуты еще в более сильной степени воинствующим материализмом, так как в связи с положительной работой серьезного изучения выплывают все чаще и чаще попытки „примирения“ модных теорий, например, принципа относительности с диалектическим материализмом. Дело начинается обыкновенно с исправления модной теории и тут же кончается „исправлением диалектического материализма“ на идеалистический лад той или другой модной философии. Полемике с марксистами, пытающимися согласовать принцип относительности с диалектическим материализмом, уделено много места в настоящем сборнике в той надежде, что перепечатываемые здесь статьи помогут читателю разобраться не только в тех попытках, которые уже появились в печати, но и с теми, которые будут появляться! Как показывает опыт истекших лет, все эти безнадежные попытки при всем их внешнем различии по существу построены по одному и тому же плану. Все эти „согласования марксизма“ с модными теориями—результат напора мелко-буржуазной стихии.

Последняя статья посвящена кризису современной теории „квант“. Этот кризис привел к полной растерянности крупнейших представителей физики, договорившихся до отказа от закона причинности!

Борьба материализма, борьба науки с реакционной философией, за которую судорожно хватается уходящий со сцены класс, будет продолжаться до тех пор, пока не исчезнут классы, а потому воинствующий материализм должен быть всегда готов к бою. Автор этих строк, вполне сознавая недостатки настоящего сборника, все-таки надеется, что он окажет некоторую помощь тем, кто может и хочет стать под знамя воинствующего материализма.

А. Тимирязев.

1 мая 1925 года.

I.

На границе физики и химии.

Речь, произнесенная на годичном собрании Московского Физического Общества имени П. Н. Лебедева 6 июня 1920 г. [1]).

Десять лет тому назад, когда я только что приступал к ряду работ по теории газов, во время беседы с моим учителем Петром Николаевичем Лебедевым, происходившей в стенах Московского университета, мне привелось услышать от него следующие слова: „Я никогда не воображал, что вы так живо интересуетесь химией". В ответ на мое изумление, которого я никак не мог скрыть, он сейчас же со смехом добавил: „Вы знаете, я считаю физикой одни только электромагнитные процессы, т.-е. то, что происходит в эфире; все же остальное, в том числе и разреженные газы, над чем вы сейчас работаете, по-моему, чистейшая химия"...

Эти слова, звучавшие тогда—десять лет тому назад—явным парадоксом, невольно пришли мне на память, когда я, готовясь к сегодняшнему докладу, стал подводить итоги тому, что было сделано в той области, где и мне самому пришлось принять посильное участие в общей работе.

Оказалось, и притом совершенно неожиданно, что чисто-физические исследования привели нас к новым, крайне любопытным химическим явлениям или, вернее, к совершенно новым условиям, в которых мы можем заставить протекать те или иные хорошо знакомые нам химические процессы. Но, прежде чем перейти к этим интересным исследованиям, совершенно неожиданно подводящим нас от физики к химии, мне придется, хотя бы и в самых общих чертах, набросать перед вами картину

[1]) Печатается с дополнениями, какие были сделаны в докладе на ту же тему, прочитанном в Научн. Ассоциации Ком. У-та имени Я. М. Свердлова 19 июня 1920 года.

того, как представляет себе современный физик разреженный газ—эту наиболее простую форму материи.

Мне придется говорить при этом отчасти о вещах далеко не новых, но это неизбежно, так как сведения о разреженных газах, к сожалению, далеко не так широко известны, как они того заслуживают, а кроме того — я должен оговориться, — мне придется коснуться только немногих явлений из этой обширной области, да и то лишь постольку, поскольку это необходимо, чтобы без труда наметить наиболее существенные части в общей картине.

Начнем наш обзор с явления теплопроводности газов. Положим, что воздух или какой-либо газ заключен между двумя параллельными плоскими стенками *A* и *B* (рис. 1). Пусть верхняя стенка *A* поддерживается при температуре $+20^0$ C, а нижняя—при температуре тающего льда. При таком расположении мы избежим так называемой конвекции, т.-е. перемешивания теплых и холодных слоев, т. к. более легкие теплые слои газа будут наверху, а тяжелые холодные будут внизу,—следовательно, равновесие нарушаться не будет. Слой воздуха или газа между *A* и *B* будет пропускать тепло в силу своей теплопроводности: тепло будет передаваться от верхней стенки к нижней и будет заставлять таять лед, охлаждающий эту стенку. Передача тепла, как показывает опыт, зависит от разности температур верхней и нижней стенки; передача тепла увеличивается пропорционально увеличению разности температур; далее передача тепла увеличивается по мере уменьшения расстояния между *A* и *B* (см. рис. 1) и, наконец, передача зависит от того, каким газом заполнен промежуток между пластинками: водород передает тепло лучше, чем воздух, и т. д.

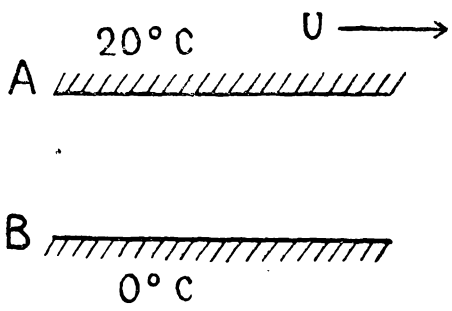


Рис. 1.

Если бы мы, поддерживая одинаковую температуру стенок *A* и *B*, заставили одну из них, скажем *A*, двигаться по направлению *V* (см. рис. 1), при чем она при движении оставалась бы все в той же плоскости, то это движение, так же как и тепло в первом случае, будет передаваться через газ и заставит двигаться пластинку *B*, если только она достаточно легка и ей ничто не помешает. То же самое можно наблюдать на следую-

щей модели (см. рис. 2). В этом случае слой газа не плоский, а цилиндрический. Когда я вращаю стакан, стоящий на центробежной машине, то его движение передается через воздух цилиндру, висящему на проволоке. Это видно по смещению светлого пятна на экране, образованного лучом света, который отразился от зеркальца, приклеенного к висящему цилиндру. Явление, которое мы здесь наблюдаем, носит название „внутреннего трения“ газа, и опыт показывает, что законы этого явления сходны с законами теплопроводности. Действительно, передача

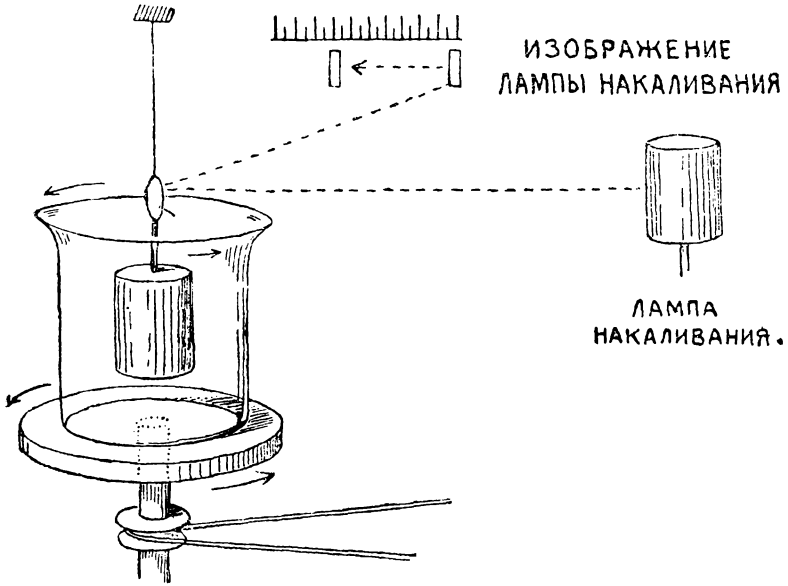


Рис. 2.

движения зависит от разности скоростей; она увеличивается с уменьшением расстояния между поверхностью стакана и висящего цилиндра и, наконец, зависит от газа, заполняющего промежуток, или зазор, остающийся между двумя цилиндрами. Все это—данные опыта, не возбуждающие никаких сомнений, и вот существует научно-философское направление, носящее несколько неуклюжее название „феноменологии“, представители которого считают, что этим и должен ограничиваться ученый, всякие же дальнейшие попытки объяснять явления влекут за собой массу предположений, выходящих за пределы опыта, а потому совершенно излишни и даже вредны. Между тем, если мы начнем внимательно изучать те явления, о которых у нас только что шла речь, то мы натолкнемся на такие факты, которые не-

вольно заставят нас искать объяснений в обход всяким предписаниям феноменологов на счет „умеренности и аккуратности“.

Положим, напр., что мы газ, передающий движение, или поток тепла, начали разрежать, т.-е. поместили наши приборы под колокол воздушного насоса; казалось бы, что количество переданного тепла или движения должно уменьшаться по мере разрежения воздуха или того газа, которым были наполнены наши приборы. Однако можно уменьшать давление в тысячу раз и более и все-таки никакого заметного изменения не происходит: и тепло и движение передаются по-прежнему. Этот, казалось бы, совершенно непонятный результат легко объясняется, если мы ступим на запретную, с точки зрения некоторых философов, почву „механического объяснения“.

Молекулы газа, по воззрениям кинетической теории, находятся в непрерывном движении, и это они передают через слой газа тепло, т.-е. кинетическую энергию частиц и количество движения в явлении внутреннего трения. Ясно, что передача будет осуществляться тем лучше, чем больше передатчиков, чем больше молекул в данном слое газа и, с другой стороны, чем меньше будет препятствий движению каждой из них. Но если частиц будет много, то они часто сталкиваются друг с другом, и часто те из них, которые вот-вот уже готовы были попасть с одной стенки на другую, благодаря столкновениям с соседними частицами, возвращаются назад. Таким образом увеличение числа передатчиков препятствует исправному действию каждого из них в отдельности. Вот почему при уменьшении давления хотя число передатчиков и уменьшается, но каждый из них летит дальше без столкновения и, следовательно, передает лучше, а поэтому в результате общая передача тепла и движения остается постоянною при изменениях давления. Все это было самым тщательным образом подсчитано великим английским физиком Максвеллом и вполне подтвердилось длинным рядом опытов.

Но до каких же пределов эти явления не зависят от давления? Конечно, до тех пор, пока столкновения частиц газа между стенками не прекратятся совершенно, т.-е. когда газ станет настолько редок, что каждая частица, полетевшая с одной стенки, без столкновений долетает до другой. Тогда все частицы станут вполне исправными передатчиками, и самая передача тепла и движения будет определяться уже только числом молекул, т.-е. она будет прямо пропорциональна давлению газа. Все эти соображения я могу иллюстрировать на кривых, которые я получил

еще в 1913 г., работая с прибором, построенным по типу модели, изображенной на рис. 2.

На черт. 3 по вертикальной оси отложены отклонения подвешенного на тонкой проволоке цилиндра от положения равновесия—отклонения выражены в делениях скалы. По горизонталь-

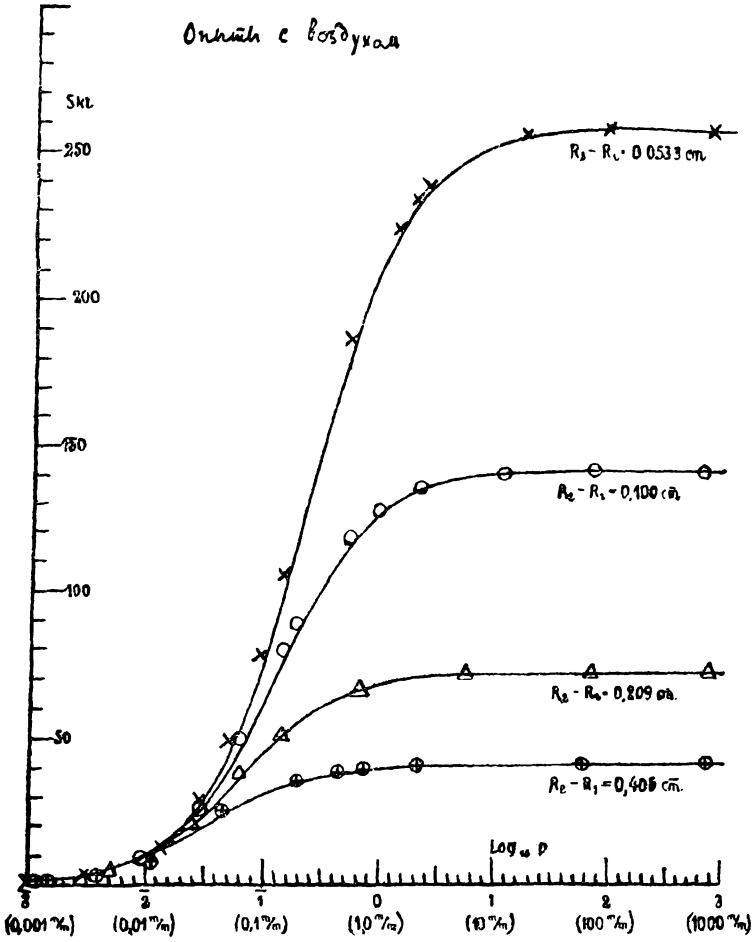


Рис. 3.

ной оси отложены давления, выраженные в миллиметрах ртутного столба. При чем каждое крупное деление соответствует увеличению давления в 10 раз (по направлению слева направо): 0,001 м/м; 0,01 м/м; 0,1 м/м; 1 м/м; 10 м/м и т. д., т.-е. взята так наз. логарифмическая скала; сделано это потому, что в опытах давление изменялось в громадном интервале от 760 м/м. до 0,001 м/м, а при этих условиях нельзя иначе начертить кривую в сколько-

нибудь легко обозримом виде. На чертеже изображены четыре кривые—результаты опытов при различных значениях толщины газового слоя: 0,05 ст.; 0,1 ст.; 0,2 ст. и 0,4 ст. (более точные значения даны на чертеже).

Число оборотов наружного цилиндра (радиуса R_2) во всех опытах одно и то же: 1 оборот в секунду. Кривые, приведенные на чертеже 3, показывают: 1) что передача движения тем лучше, чем меньше расстояние между поверхностями цилиндров, подвешенным и вращающимся (см. рис. 2); 2) что в очень широких пределах давления эта передача не зависит от давления и, наконец, 3) что при малых давлениях, когда средний пробег молекулы от столкновения до столкновения становится больше самого большого из зазоров, т.-е. больше 0,4 ст., передача движения не зависит от толщины слоя газа, и притом она изменяется пропорционально давлению. Последнее обстоятельство особенно наглядно выступает на черт. 4, где изображена малая часть всего исследованного интервала давлений, соответствующая малым величинам давлений от 0,0005 до 0,015. Здесь уже скала давлений простая—не логарифмическая. На последней диаграмме (черт. 4) ясно видно, что от самых малых давлений и вплоть до 0,01 м/м ртутного столба никакого влияния толщины слоя нельзя заметить и, кроме того, передача движения пропорциональна давлению. Из последней диаграммы мы можем вывести еще одно заключение: средний пробег молекулы или средняя длина пути от столкновения к столкновению при давлении в 0,01 м/м ртутного столба должна быть, во всяком случае, больше 4 м/м. Это следует вот из каких соображений: при повышении давления от 0,0005 (меньше этого давления не измерялось) до 0,01, даже для наибольшего из зазоров, т.-е. для зазора в 4 м/м, отступлений от пропорциональности не заметно. Если бы средняя длина пути равнялась 4 м/м, то в силу того, что эта величина именно величина средняя, мы имели бы известный процент общего числа молекул, которые, сталкиваясь в промежутке между стенками, оказывали бы влияние на передачу движения: пропорциональности в этой области давлений для данного зазора мы бы тогда не наблюдали. Поэтому средний пробег надо оценивать, по край-

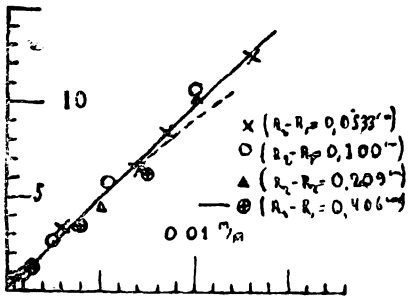


Рис. 4.

ней мере, миллиметров в 8 (точный подсчет на основании опытов с внутренним трением дает для воздуха 7,85 м/м). Для грубых подсчетов можно положить средний пробег равным 10 м/м, а так как средний пробег обратно пропорционален плотности газа или его давлению (чем меньше густота, с которой распределены молекулы, тем меньше шансов им столкнуться), то мы сейчас же можем составить себе таблицу средних пробегов молекулы, входящих в состав воздуха для различных давлений.

Таблица 1.

Давление воздуха в м/м ртутного столба.	Средний пробег.
760 м/м	около 0,0001 м/м
0,1 м/м	„ 1,0 м/м
0,01 м/м	„ 10,0 м/м
0,001 м/м	„ 100,0 м/м
0,0001 м/м	„ 1000,0 м/м —1 м
Наименьшее измеренное давление в 0,000000,1	1 километр [1]).

При больших разрежениях, т.-е. когда молекулы свободно пролетают от стенки к стенке, особенно резко выступают явления „скольжения“ газа вдоль стенок при передаче движения и явления „температурного скачка“ при передаче тепла. Эти явления достигают заметной величины при уменьшении давления в газе еще задолго до того, как средняя длина пути по величине сравняется с толщиною газового слоя, но в этом последнем случае явления эти наиболее резко выражены. Выясним, в чем здесь дело. Если в слое газа между двумя цилиндрами (см. рис. 2) столкновений между молекулами больше нет, т.-е. если средний пробег больше толщины слоя, то мы будем иметь всегда две группы молекул: одну, которая только что ударилась о движущийся цилиндр и летит к неподвижному, неся с собою скорость, соответствующую вращающемуся цилиндру (слагающая скорости перпендикулярная радиусу), и другую, которая ударилась о неподвижный цилиндр: все частицы этой группы имеют среднюю скорость видимого движения (слагающую скорости перпендикулярно радиусу), равную нулю. Таким образом скорость слоя, взятого в целом, равняется средней арифметической, т.-е. равна половине линейной скорости вращающегося ци-

[1]) В настоящее время измеряются давления еще в 100 раз меньшие.

линдра. Отсюда и выходит, что газ скользит, не поспевая за движущимся цилиндром, в то же время обгоняя неподвижный. Точно так же легко объяснить и явление „температурного скачка". Возьмем лампу накаливания, и пусть средний пробег больше линейных размеров стеклянной оболочки лампы,—тогда молекулы, отразившиеся от стеклянной оболочки, в огромном большинстве случаев не попадут на раскаленный волосок лампочки, так как он очень тонок. Поэтому внутри лампочки в разреженном газе будет гораздо больше молекул, имеющих скорость, соответствующую более холодной оболочке, чем таких, которые только что ударились о раскаленный волосок: температура газа в лампочке будет значительно ниже температуры накаленного волоска—при переходе от волоска к газу будет наблюдаться „скачок температуры".

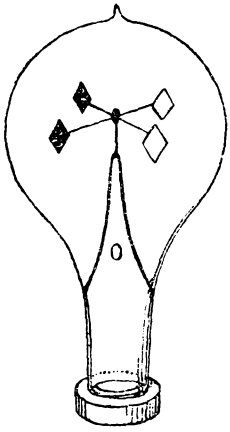


Рис. 5.

Чтобы как следует выяснить, какую роль играет средний пробег молекулы в теории газов при всевозможных давлениях, рассмотрим еще одну группу явлений. Перед нами здесь на столе стоит так называемый радиометр Крукса (см. рис. 5) или „Круксова мельница", которая состоит из проволочного креста, вращающегося вокруг вертикальной оси в сосуде с разреженным газом. На кресте укреплены крылья, зачерненные с одной стороны. Если газ, наполняющий сосуд, настолько разрежен, что средний пробег молекул больше линейных размеров крыльев, то мельница приходит во вращательное движение под действием как видимого света, так и невидимых инфракрасных „теплых" лучей. При этом мельница как бы отталкивается от света и тепла зачерненными сторонами своих крыльев.

Объяснить действие мельницы можно следующим образом. Пусть в холодный газ внесена зачерненная и нагретая от внешнего источника с одной стороны пластинка AB (см. рис. 6). Пусть A нагретая, B холодная сторона пластинки. Молекулы газа, попадая в одинаковом числе как на ту, так и на другую сторону, будут отскакивать с неодинаковою скоростью. Более быстро колеблющиеся молекулы нагревшейся стороны A оттолкнут газовые частицы сильнее, а следовательно, со стороны A и „отдача" будет больше, чем со стороны B. Равнодействующая всех

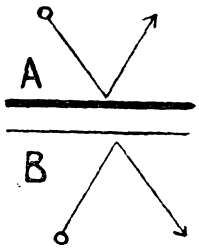


Рис. 6.

отдельных „отдач“, связанных с отражением молекул газа, будет поэтому направлена от горячей стороны к холодной. Но если средняя длина пути невелика, то газ перед горячей стороною *A* нагреется и расширится, обратное произойдет со стороны *B*; поэтому число молекул падающих с теплой стороны уменьшится, а с холодной увеличится. Радиометрический эффект исчезнет, так как при „сильной отдаче“ будет уменьшенное число „выстрелов“, а с холодной стороны при слабой отдаче число „выстрелов“ увеличится. Однако, если средняя длина пути будет сравнима с размерами крыльев, то на крылья будут прилетать частицы из таких областей, где влияние теплой и холодной стенки почти уравновешено, поэтому присутствие нагретой с одной стороны пластинки не вызовет изменений плотности в этих частях газа, а следовательно, и числа „попаданий“ на теплую и холодную сторону будут почти одинаковы. Так как „отдача“ не одинакова на теплой и холодной стенке, то радиометрический эффект в этом случае будет длительным — установившимся. Профессор Осборн Рейнольдс показал, что на тонких паутинках можно наблюдать радиометрический эффект при атмосферном давлении: диаметры паутинок так малы, что они подходят уже к размерам среднего пробега частиц воздуха при атмосферном давлении. Это явление, в несколько иной форме, мы можем наблюдать следующим образом. В сосуде *B* (см. рисунок. 7), который стоит перед фонарем, напущен табачный дым; в том же сосуде помещена трубка *A*, разогреваемая электрическим током. При нагревании цилиндра *A* мы замечаем на-ряду со струйками дыма, обусловленными конвекцией, исчезновение дыма в тонком слое, прилегающем к цилиндру. Частицы дыма отталкиваются нагретыми стенками трубки *A*. То же самое явление наблюдается вблизи душников голландских печей и вблизи батарей центрального водяного отопления — мы видим темные пятна пыли, как будто следы копоти. Но если еще в случае голландской печки можно подозревать участие дыма и копоти, то откуда же она возьмется при водяном отоплении? Мы здесь имеем дело с чисто-радиометрическим эффектом, т.-е. с отталкиванием частичек пыли от горячей поверхности и их притяжением со стороны ближайших холодных стенок. Этот факт — замечу

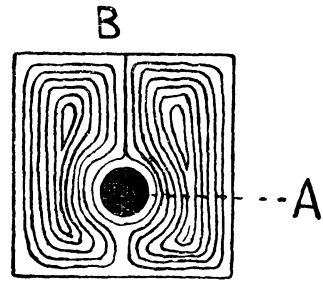


Рис. 7.

мимоходом—полезно иметь в виду хирургам: чем больше будет нагрета та область тела, где прозводится операция, тем сильнее от нее будут отталкиваться носящиеся в воздухе пылинки с находящимися на них бактериями. В этой группе радиометрических явлений мы встречаемся, следовательно, со средним пробегом молекулы, но в виду малых размеров самих объектов нам нет нужды увеличивать этот пробег разрежением газа.

Но теперь, быть может, многие готовы уже меня спросить: при чем же все-таки тут химия? И в самом деле, при разрежении в 0,001 долю миллиметра ртутного столба молекулы пролетают путь в среднем около 10 сантиметров, не сталкиваясь друг с другом; они ведут почти изолированное друг от друга существование; каким образом могут тут происходить химические взаимодействия? Оказалось все-таки, что химические явления при этих условиях происходят; они были открыты при решении одной узко-практической задачи—именно при выяснении причин, почему остатки газа в лампочках накаливания по мере горения лампы куда-то исчезают, так как было установлено, что разрежение газа само собою увеличивается. Ясно было с самого начала, что где-то в лампе происходит процесс поглощения газов. Явление это было исследовано Лангмьюром в лаборатории Всеобщей Компании Электричества (в Нью-Иорке). На рис. 8 мы видим несложный прибор, которым он пользовался для этого исследования. Прибор состоит, как видно, из лампы накаливания B с несколькими независимыми друг от друга проволоками, к прибору присоединен измеритель давления $CDEqF$ (манометр Мак-Леода). После откачивания насос разобщался с лампой при помощи ртутного крана M, а ртутные пары вымораживались погружением сосуда Q в жидкий воздух. Лампа зажигалась и через определенные промежутки времени производились измерения газа с помощью манометра. Делается это следующим образом. Сосуд F поднимается, благодаря чему запирается отверстие c и сжимается определенный, известный вперед, объем $C+D$ в конец трубки D. На трубке D сделаны отметки, соответствую-

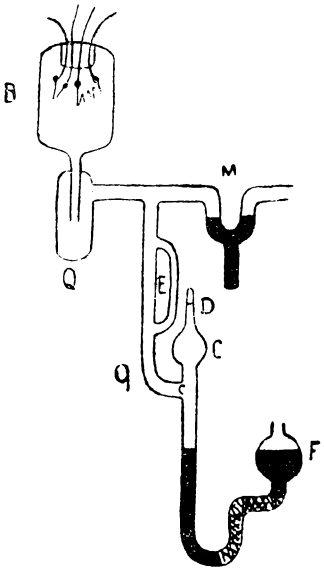


Рис. 8.

щие: $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{1000}$ и т. д. доли всего объема $C+D$. Увеличенное таким образом давление в 100, 1000 и т. д. раз можно измерить по разности столбов ртути в D и E.

Опыты, произведенные с водородом, кислородом и азотом, дали совершенно неожиданные результаты: поглощение всех трех газов идет по совершенно различным законам.

На рис. 9 изображена схематически убыль давления со временем во всех трех газах. Начнем разбор этих явлений с водорода. Поглощение водорода замечается только при низких давлениях, начиная от 0,02 м/м и при температуре каления проволоки Вольфрама от 1300 до 2500° С и более. Наиболее характерная особенность процесса поглощения водорода состоит в так называемом „утомлении". Сначала поглощение идет быстро, потом все более и более замедляется и, наконец, совершенно прекращается. Если взять свежую проволочку, помещенную в той же лампочке, и начать ее накаливать, то никакого изменения не наблюдается: остановившийся процесс поглощения не

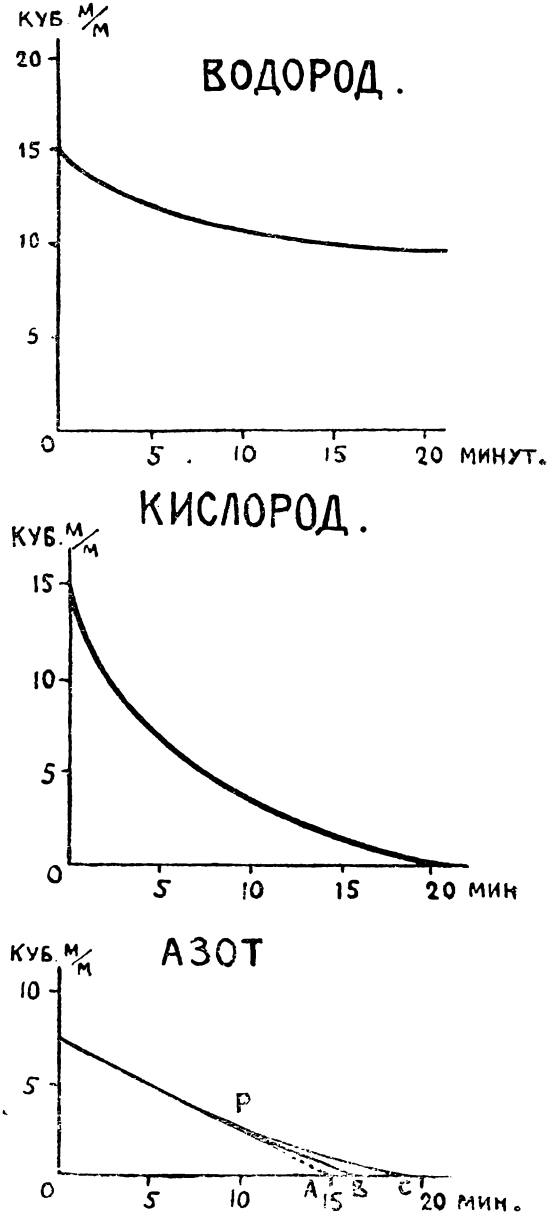


Рис. 9.

возобновляется—значит не в проволоке дело. Если, однако, из такой лампочки, где процесс поглощения водорода уже остановился выкачать водород и впустить очень малую порцию кислорода, то она тотчас начисто исчезнет, а при откачивании лампочки, появляются пары воды. Невольно напрашивается мысль, говорит Лангмьюр, не была ли вся стенка лампочки покрыта изнутри диссоциированным на атомы водородом? Диссоциация должна была произойти на поверхности раскаленной проволоки, при чем благодаря высокому разрежению эти атомы без столкновения долетали до стеклянной оболочки лампы и ею адсорбировались. А диссоциированный на атомы и поглощенный стеклом водород соединяется с кислородом при комнатной температуре. Эти предположения Лангмьюр подтверждает рядом остроумнейших опытов.

Если мы будем определять количество энергии, затрачиваемой на поддержание накала при температуре, близкой к 2500° С, то оказывается, что при больших разрежениях, вместо ожидаемого уменьшения затраты энергии, благодаря уменьшению теплопроводности, получается увеличение потери тепла, т.-е. для поддержания определенного накала необходимо при этих условиях подводить больше энергии. Объясняется это своеобразной теплопроводностью. Вследствие диссоциации молекул водорода на атомы, что происходит при ударах молекул о раскаленную проволочку, поглощается тепло. Далее атомы водорода, долетая до стеклянной оболочки, адсорбируются стеклом, облекая его слоем в один атом; при дальнейшей бомбардировке вновь прилетевшие атомы водорода соединяются с адсорбированными на стекле и отделяются уже как обыкновенные молекулы; при этом на стенках выделяется то же количество тепла, которое было поглощено при диссоциации на проволочке. Усилившаяся потеря тепла накаленной проволочкой таким образом подтверждает предположение о механизме поглощения водорода и объясняет, почему наступает так называемое „утомление". Когда вся поверхность покроется слоем атомного водорода толщиною в один атом, дальнейший приток атомов будет давать молекулы водорода, сейчас же „испаряющиеся" со стенки, а их место займут новые,— следовательно, устанавливается само собою стационарное состояние: количество водородных молекул в лампочке остается постоянным. Тщательные измерения потери тепла показали, что на два грамма водорода тепло, выделяемое при образовании молекул водорода из его атомов, составляет 90.000 калорий.

Далее, если в лампочку поместить немного фосфора, то при

накаливании волоска появляется фосфористый водород PH^3, получается непосредственный синтез, указывающий на присутствие атомов водорода, которые могут непосредственно соединяться с фосфором. Наконец, расчет показывает, что в пределах ошибок объем поглотившегося водорода до наступления „утомления“ соответствует тому объему, какой имеет слой водорода толщиною в один атом, облекающий всю поверхность стекла лампочки изнутри. Следовательно, решительно все—и опыты, и расчеты—говорит в пользу предположения Лангмьюра.

Кривая поглощения кислорода (см. рис. 9) ясно показывает, что, по мере убыли давления (или, что то же самое, количества газа) поглощение замедляется; количество поглощенного газа за определенный промежуток времени становится все меньше и меньше, по мере того, как процесс поглощения подвигается вперед. Если температура каления достаточно высока, то стекло покрывается желтоватым налетом состава WO_3 (окись вольфрама). Количество его соответствует количеству исчезнувшего кислорода. При более низких температурах сама проволочка покрывается налетом WO_3, который при низких температурах медленно испаряется; при этих условиях поглощение кислорода идет очень слабо.

Здесь совершенно ясно, что реакция происходит на поверхности накаленного волоска лампочки между атомами металла и бомбардирующими их молекулами кислорода, при чем понятно, что, при уменьшении давления по мере образования WO_3, бомбардировка уменьшается—кислорода становится меньше и процесс идет медленнее. Все это можно хорошо рассчитать количественно: опытные данные великолепно сходятся с теоретическими подсчетами. Интересно отметить, что в этом процессе большую роль играет свободная поверхность металла, т.-е. поверхность металла вольфрама, не занятая соединением WO_3. При высоком давлении WO_3 испаряется медленно, и реакция замедляется: это ясно указывает, что соединение происходит на свободной поверхности; от частиц же WO_3 частицы кислорода отскакивают обратно. В данном случае химический закон „действия масс“ заменяется „законом свободной поверхности“. Очень интересны, также детально изученные, реакции окиси углерода CO с угольным волоском лампы, а также с накаленными проволоками тантала и вольфрама, но на этом мы останавливаться не будем, так как общий ход явлений здесь сходен с только что изложенным.

Переходим теперь к третьему типу кривых—к кривой поглоще-

ния азота (см. рис. 9—Азот). Весь ход процесса в высшей степени странный: вплоть до самых малых давлений, при которых средняя длина пути молекул больше расстояния от проволоки до оболочки лампы, величина поглощения не зависит от давления газа. Таким образом, много ли азота, мало ли его—он поглощается одинаково. Уменьшение веса проволоки наблюдается при этом такое же, как и в наиболее совершенном Vacuum'е, так что, как-будто, азот не оказывает никакого влияния на испарение и распыление проволочки и между тем налет на стенке оказывается в этом случае не черным, а буроватым; при впускании воздуха, когда лампу разламывают, окраска налета меняется и кроме того замечается сильный запах аммиака. Если мы подсчитаем количество испарившегося вольфрама и количество поглощенного азота, то мы получим величины, соответствующие формуле WN_2. Как связать между собою все эти факты? При высокой температуре накала вольфрам испаряется, но атомы этого пара, повидимому, могут соединиться с азотом только тогда, когда частицы азота имеют скорости, соответствующие низкой температуре. На раскаленной проволоке соединение происходить, повидимому, не может. Если это так, то вся картина становится сразу ясною. Почему, напр., поглощение азота в лампочке не зависит от давления? Потому, что атомы вольфрама, вылетевшие из проволочки, рано или поздно столкнутся с молекулами азота; если давление высокое, то это произойдет вблизи проволоки, если давление низкое, то соединение произойдет где-нибудь подальше,—и только. При очень больших разрежениях, когда частицы вольфрама или хотя бы значительная часть их может перелетать уже без столкновений от проволоки до стенки,—поглощение должно замедляться, но это как раз и было замечено на опыте (см. рис. 9—Азот, часть кривой *PC*). Здесь следует еще отметить, что при охлаждении лампочки снаружи жидким воздухом поглощение идет немного быстрее (см. рис. 9—III, часть кривой *PB*). Повидимому, диссоциированные на проволоке частицы азота могут на холоду соединяться с атомами вольфрама, осевшими на стекле. Вероятность такого именно механизма реакции подтверждается еще и следующим опытом: в лампочке, содержащей хлор, укрепляют рядом две проволочки и одну из них накаливают, оставляя другую холодною. Через некоторое время холодная проволока разрушается: атомы хлора, диссоциированные на поверхности накаленной проволоки, при высокой температуре не могут давать соединений, попадая же на холодный металл, они с ним соединяются.

Механизм поглощения азота подтверждается еще и тем, что количество поглощенного азота возрастает с температурой строго параллельно возрастанию количества испарившегося металла.

Вот в общих чертах те химические процессы, которые мы можем наблюдать в разреженных газах. Остановим теперь наше внимание на выяснении тех особенностей, тех, можно сказать, исключительных условий, при которых протекают эти реакции.

Во-первых, реакции протекают в большинстве случаев на поверхности накаленной проволоки или стеклянного сосуда, и таким образом, как было уже указано, закон действия масс заменяется законом действия „поверхности". Во-вторых, мы наблюдаем здесь на каждом шагу диссоциацию молекул на атомы. Мы можем эти распавшиеся на атомы газы сохранять на стенках, т.-е. сохранять за ними те свойства, которые обыкновенно наблюдаются в первый момент выделения газов из жидкостей, т.-е. производить длительные наблюдения над газами „in statu nascendi", как говорили в старину химики.

Наконец—и это, пожалуй, самое важное—мы можем заставлять соединяться между собою частицы, находящиеся при очень высокой температуре накаленной проволоки, с частицами газа, охладившимися на оболочке лампочки до температуры на несколько градусов выше абсолютного нуля. Мы можем вести реакции при температуре 2.800 град. Ц. на раскаленной проволочке и продукты этой реакции сразу переводить на стенку, охлажденную жидким воздухом или жидким гелием. Словом, здесь открывается необозримое поле для новых исследований.

Однако, вопреки мнению моего покойного учителя П. Н. Лебедева, о чем я уже упоминал, как и я сам, так и все мои товарищи по обществу все-таки более интересуются физикою, чем химией, а поэтому позвольте мне в заключение остановиться на тех физических явлениях, которые тесно связаны с явлением адсорбции, т.-е. с поглощением одного вещества, происходящим в поверхностном слое другого. Эти процессы тесно связаны с теми химическими явлениями, о которых у нас только что была речь.

На рис. 10 изображен насос Лангмьюра, т.-е. так называемый „конденсационный насос", который в последние годы получил очень широкое распространение. Действие этого насоса нетрудно себе уяснить. В сосуде *A* с помощью газовой горелки или электрического нагревателя подогревается ртуть. Вся трубка над *A* (трубка *B* вплоть до *C*) закрыта азбестом для того, чтобы

ртутный пар не охлаждался. Струя горячего пара, выходя из C, попадает в более широкую трубку, охлаждаемую проточной водою (D, E). Так как из всего насоса откачивается воздух каким-либо насосом, дающим разрежение около 0,1 м/м ртутного столба, то, следовательно, средний пробег частиц ртутного пара будет порядка радиуса трубки, окружающей конец C_1, Частицы пара, выходя из C_1, попадают непосредственно на холодную стенку, на которой пар сейчас же оседает; благодаря этому частицы ртутного пара не отражаются от стенки и так как струя имеет движение по направлению вниз от C_1, то частицы пара будут толкать вперед все попадающие из F молекулы газов по направлению к J, где присоединена трубка, сообщающаяся с указанным насосом для предварительной откачки. Этим путем, как показывает опыт, очень быстро выкачиваются трубки очень большой емкости, присоединяемые к F, и получаемые при этом разрежения превосходят все до сих пор получавшееся. Сгущающиеся пары ртути стекают через трубку H в сосуд A. Необходимым условием правильной работы насоса является, во-первых, предварительное разрежение и, во-вторых, охлаждение стенок D, E. Если охлаждения нет, насос не работает; это—самое веское подтверждение правильности объяснения Лангмьюра. Таким образом пленка ртутного пара, оседающего на охлаждаемой стенке, или адсорбируемая стенкою, играет здесь главную роль. К явлениям адсорбции также можно отнести и хорошо известный факт растекания масла и вообще жидкостей, не растворимых в воде, по поверхности чистой воды. С помощью бумажного листка B (см. рис. 11), плавающего на поверхности воды и прикрепленного к коромыслу крутильных весов K, можно было, как показал Лангмьюр, измерить давление растекающейся пленки, не давая пленке обтекать бумагу, что достигалось осторожным и непрерывным сдуванием пленки через две небольшие тру-

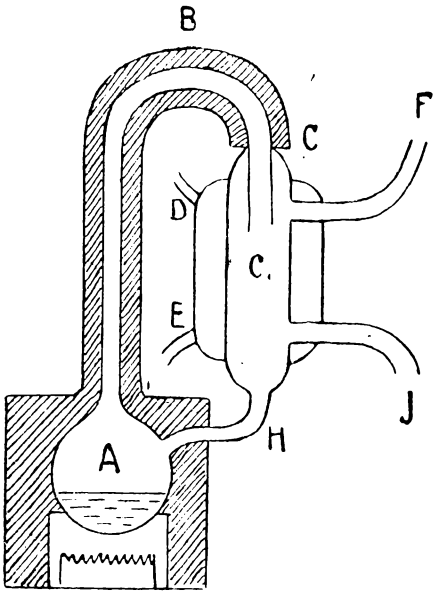


Рис. 10.

бочки, а помещенные по бокам бумажного листка эти трубочки располагались так, что струи воздуха не вызвали поворота крутильных весов. Выливая на поверхность воды определенное весовое количество жидкости и увеличивая все более и более самую поверхность пленки, что достигается отодвиганием сосуда A, мы все более и более уменьшаем давление пленки на бумажку, связанную с крутильными весами; таким образом мы можем подсчитать, при каком размере пленки она совсем перестанет давить, т.-е. перестанет далее растекаться, а это будет, когда слой будет толщиною в одну молекулу. Зная число молекул в грамм-молекуле,—а это теперь хорошо известно, — и зная также максимальную площадь, на которую может растечься капля данного веса (это достигается только что изложенными опытами с весами), мы можем подсчитать, какую площадь занимает одна молекула. Вот эти несложные расчеты. Пусть количество жидкости q грамм, молекулярный вес M, тогда число грамм-молекул в капле будет $\frac{q}{M}$, а так как в одной грамм-молекуле N молекул (N—60,6, 10^{23} известно с точностью до 0,1%), то всего в слое будет $n = N\frac{q}{M}$ молекул. Если теперь наибольшая площадь, на которую растекается капля, есть S квадратных сантиметров, то на каждую молекулу придется площадь, $a = \frac{S}{n} = \frac{SM}{Nq}$.... (1), а сторона квадрата, приходящаяся на долю каждой молекулы, будет $\sqrt{a}$. Вычислим теперь толщину слоя h. Если плотность вещества пленки d, т.-е, каждый кубический сантиметр

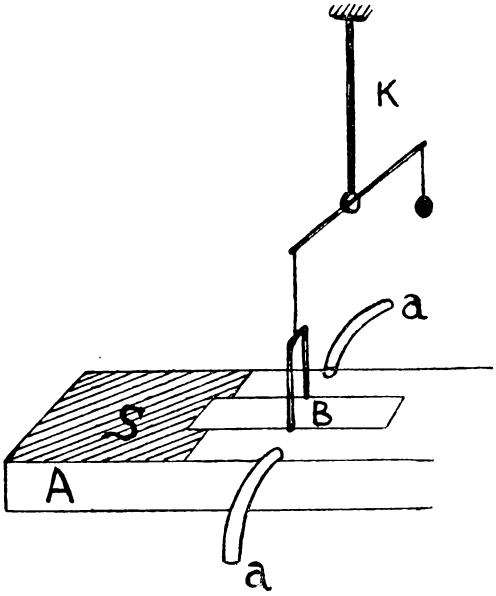


Рис. 11.

его имеет массу d грамм, то объем M граммов, т.-е. грамм-молекулы, будет $\frac{M}{d}$; объем, приходящийся на одну молекулу, равный площади основания на высоту, т.-е. $ah = \frac{M}{Nd}$, откуда $h = \frac{M}{d.\ N.\ a.}$..... (2). Таким образом по (1) формуле мы найдем площадь, занимаемую молекулой, а по второй — толщину слоя. В таблице II приведены результаты некоторых опытов Ланг-мьюра.

Таблица II.

Вещество.	Химич. формула.	М.	a сант.^{2}	$\sqrt{a}$ сант.	h в сант.
Пальмитиновая кислота	$C_{15}H_{31}COOH$	256	24.10^{-16}	$4.9.10^{-8}$	$19,6.10^{-8}$
Стеарин. кислота .	$C_{17}H_{35}COOH$	284	$24\ 10^{-16}$	$4.9.10^{-8}$	$21,8.10^{-8}$
Тристеарин	$(C_{18}H_{35}O_2)\ C_3H_5$	891	69.10^{-16}	$8.3.10^{-8}$	$23,7.10^{-8}$
Кетилов. алкоголь .	$C_{15}H_{33}OH$	242	21.10^{-16}	$4.6.10^{-8}$	$21,9.10^{-8}$
Кетиловый эфир пальмитиновой кислоты	$C_{15}H_{31}COOC_{16}H_{33}$	482	21.10^{-16}	$4.6.10^{-8}$	44.10^{-8}

Приведенная таблица показывает, что размеры молекул получаются того же порядка, что и получаемые другими методами. Лангмьюр высказывал еще и ранее этих опытов соображения, что молекулы должны быть определенным образом ориентированы; так гидроксильные OH и карбоксильные $COOH$ группы должны быть повернуты к воде, так как растворяются друг в друге жидкости сходные по составу, а потому, если молекула в целом не растворима, но содержит растворимые части или, вернее, части, сходные по составу с растворителем—водой, то в поверхностной пленке эта часть молекулы и должна быть обращена к воде. Пример со стеариновою кислотою и тристеарином подтверждает эти соображения. Площадь, занимаемая молекулою стеариновой кислоты, почти равна втрое меньшей площади, занимаемой молекулою тристеарина (ср. числа 24.10^{-16} и 69.10^{-16} сант.^{2}). Далее, молекула кетилового эфира пальмитиновой кислоты в два раза более вытянута по сравнению с молекулами составных частей, при одной и той же площади основания (ср. числа 44.10^{-8} ст. и $21.9.10^{-8}$ ст. и $19.9.10^{-8}$ ст.). Таким образом мы получили возможность измерять молекулы и вдоль и поперек!

Однако, как вы уже это сами, вероятно, заметили, я, пообещав в заключение поговорить о физике, опять сбился на химию

и повел речь об органических кислотах, карбоксилах, гидроксилах и проч. Так всегда бывает, когда идешь по границе, отделяющей одну науку от другой.

Какой же мы сделаем вывод из всего сказанного? Мы видим, что в нашей науке мы на каждом шагу находим все новые и новые факты, а эти факты мы связываем между собою в одно стройное целое очень старой теорией атомного строения вещества, которая, несмотря на свой весьма почтенный возраст и на многочисленные нападки, сыплющиеся на нее со всех сторон, оказывается вечно юною и способною к дальнейшему развитию.

В последнее время, в связи с замечательным открытием Рутерфорда, разложившего атомы азота [1]), приходится слышать мнения, будто атомизм окончательно опровергнут.

Но, если мы вспомним, с каким старанием ученые начала XIX столетия, установившие в науке атомную теорию, искали хотя бы только числовую связь между атомными весами и пытались доказать, что все атомные веса являются кратными веса водорода и что все элементы, быть может, произошли из водорода, то мы увидим, что не против их смелых мыслей идет современная наука. Ничем не доказуемый и никогда не игравший роли в науке догмат абсолютной неделимости атома был принят и проповедывался некоторыми группами ученых, испугавшихся широких и смелых замыслов первых атомистов и ставших на узкую „феноменологическую“ точку зрения, сходную с известной, осмеянной Щедриным формулой: „наш век—не век великих задач“.

И вот, несмотря на все нападки, эта старая теория, как мы могли убедиться сегодня, не только так же успешно, как и раньше, помогает нам в поисках нового, но и ломает старые искусственные преграды, которыми пытались когда-то отгородить одну науку от другой.

---

[1]) В настоящее время кроме азота частицы водорода выделены из атомов бора, фтора, натрия, алюминия и фосфора.

II.

Периодическая система элементов Менделеева и современная физика.

Речь, произнесенная на публичном заседании Московского Физического Общества имени П. Н. Лебедева по случаю исполнившегося десятилетия со дня основания Общества 7/IV (25/III) 1911—7/IV 1921.

Сегодняшний скромный праздник по случаю исполнившегося десятилетия со дня основания нашего общества совпадает с двадцатипятилетней годовщиной нескольких чрезвычайно крупных событий,—событий, наложивших печать на все последовавшее за ними развитие физики.

В конце 1895 года Рентген открыл лучи, носящие до сих пор его имя, в 1896 году Анри Беккерель открыл действие солей урана на фотографическую пластинку и тем положил начало новому учению о радиоактивных явлениях и, наконец, в том же 1896 году и в самом начале 1897 сэр Джозеф Томсон в окончательной форме доказал существование электрона составной части каждого атома, любого элемента, любой известной нам формы материи.

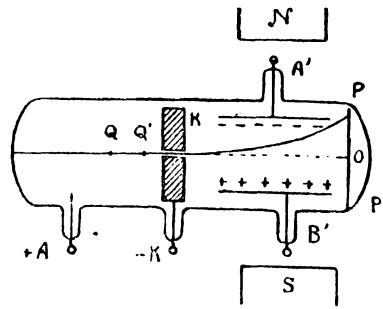
Все эти открытия позволили нам глубже проникнуть в строение вещества, поставили на очередь вопрос о строении атома, позволили взглянуть на периодическую систему элементов с совершенно новой точки зрения и, наконец, в самое последнее время поставили нас лицом к лицу с разложением химических элементов—теперь, ведь, это совершившийся факт!

Всякий, кто имел возможность следить за событиями в науке хотя бы только по тем скудным сведениям, которые попадают в газеты, знает, что в 1919 году английский физик Рутерфорд разложил атомы азота, а в следующем 1920 и отчасти уже в 1921 году ему же удалось разложить кислород и, по дошедшим до нас в последние дни сведениям, углерод, кремний, алюминий

и бор,—впрочем, относительно последнего Рутерфорд еще сам не вполне уверен [1]).

И вот эти новейшие открытия, которые не-специалистам, стоящим далеко от нашей науки, представляются чем-то совсем необычным, чем-то даже идущим вразрез с твердо установившимися в науке взглядами, непосредственно связаны с теми событиями, о которых я только что упомянул и которые произошли двадцать пять лет тому назад!

Когда Томсону удалось научиться отщеплять от любого атома один или несколько электронов, т.-е. частиц, заряженных отрицательным электричеством и обладающих массой, в 1.700 раз меньшей массы атома водорода, стало совершенно ясно, что мы стоим на пути к разложению атома. Правда, отщепленные электроны скоро и легко заменяются другими,—да и атом при таком расщеплении особенно глубоких изменений не претерпевает, тем не менее, начало разложению атома было положено уже тогда. Но, что, пожалуй, еще любопытнее, определение массы осколков, получающихся при разложении азота, кислорода и атомов других элементов, производится теми же самыми методами, которыми установлена была масса электрона, и, наконец, теми же методами—правда, несколько усовершенствованными—Астон, ученик Томсона, доказал, что очень многие из химических элементов, хорошо нам знакомые, представляют собой не собрание однородных атомов, а смесь нескольких разновидностей данного элемента, химически не отличимых друг от друга, но обладающих различным атомным весом. Эти разновидности носят теперь название „изотопов“, что̀ значит занимающий одно и то же место—подразумевается в системе элементов Менделеева.



Фиг. 1.

Вот почему позвольте мне прежде всего напомнить, как отщепляют электроны от любого атома. Этот процесс всего удобнее осуществить в трубке с разреженным воздухом или каким-нибудь другим газом. В промежутке между катодом K (соединенным с отрицательным полюсом источника электрического

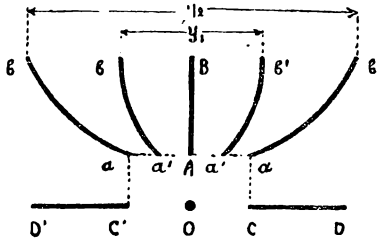
---

[1]) В настоящее время число разложенных элементов значительно больше, хотя вопрос о разложении кислорода и углерода еще до сих пор вызывает споры. *Примеч. 1925 г.*

тока) и анодом A (см. фиг. 1) под влиянием большого электрического напряжения между A и K, от атомов находящегося в трубке разреженного газа отщепляются электроны, заряженные отрицательным электричеством, которые, отталкиваясь от катода K, несутся к концу трубки, ударяются о стекло и вызывают характерное зеленоватое свечение стекла трубки. Положительно заряженные „остатки“ атома, т.-е. то, что остается от атома после отщепления от него одного или нескольких электронов, двигаются в противоположную сторону (притягиваются катодом), и, если в катоде есть отверстие, то эти частицы проходят дальше во вторую часть трубки A^1B^1 (фиг. 1). Так как в нормальном нерасщепленном состоянии атом не заряжен, то положительный заряд остатка атома должен как раз равняться по величине сумме отрицательных зарядов всех электронов, которые были от него отщеплены. Поток отрицательных электронов по старой привычке еще и теперь называют „катодными лучами“, а поток положительно заряженных частиц „положительными“ или „каналовыми лучами“, — каналовыми их называют потому, что они выходят из отверстий — каналов в катоде (см. фиг. 1). Чтобы получить возможно более тонкий пучок этих „лучей“, Томсон часто вставлял в катод иглу для подкожных впрыскиваний!

При движении в электрическом поле конденсатора A^1B^1 (фиг. 1), состоящего из пары параллельных заряженных противоположными электричествами пластинок, каналовые „лучи“ отклоняются, как показано на чертеже, так как это, ведь, поток положительно заряженных частиц, которые отталкиваются пластинкой B^1 и притягиваются к A^1. Если мы подействуем на этот поток магнитным полем, поместив разрядную трубку между полюсами электромагнита, то весь поток отклонится в сторону, в плоскости, перпендикулярной к плоскости чертежа (фиг. 1), как отклоняется любой провод, по которому идет электрический ток и который может свободно двигаться в магнитном поле. Посмотрим, что получится на фотографической пластинке PP (фиг. 1), завернутой в тонкий листок алюминия, через который быстро летящие частицы свободно проходят. Если нет электрического и магнитного поля, то поток каналовых „лучей“, прошедший через узкое отверстие в катоде, дает на фотографической пластинке изображение в виде пятна O (фиг. 2), находящегося как раз против отверстия. Если действует одно только электрическое поле, то пятно отклоняется, растягиваясь в полоску AB. Почему пятно растягивается? Потому, что не все

частицы летят с одинаковой скоростью; процесс расщепления происходит не в одном каком-нибудь месте трубки, а на всем протяжении между анодом и катодом (Q и Q_1 фиг. 1); поэтому сила притяжения катодом K и отталкивания анодом A действует не одинаково долго на все частицы, а потому они и получают неодинаковые скорости. С другой стороны, медленно летящие частицы дольше будут подвергаться отклоняющему действию AB и потому сильнее отклонятся. То же самое происходит и с магнитным отклонением, при чем полоска получается в CD или в C^1D^1, смотря по расположению магнитных полюсов, а если их положение во время опыта несколько раз меняется, чего достигают переменой направления тока в электромагните, то получаются обе полоски и CD, и C^1D^1. Если же одновременно возбудить и электрическое и магнитное поле, то оба отклонения должны произойти одновременно, вследствие чего на пластинке получаются дуги кривых ($a^1\ b^1$, ab), называемых параболами.



Фиг. 2

Элементарная теория показывает, что на одной и той же параболе располагаются следы ударов частиц, имеющих одну и ту же массу. Если в трубке была смесь, состоящая из двух газов, дающих положительно заряженные частицы с массами m_1 и m_2, то на фотографической пластинке появляются две параболы; при чем, как показывает элементарная теория, отношение длин хорд y_1 и y_2 (см. фиг. 2), возведенное в квадрат, обратно пропорционально отношению масс самих частиц, т. е. $\left(\frac{y_1}{y_2}\right)^2 = \frac{m_2}{m_1}$. Что должно существовать обратное отношение, следует из того, что, чем меньше масса частицы, тем большее она при прочих равных условиях получает отклонение, тем легче ее, так сказать, сбить в сторону с ее пути [1]). Таким

---

[1]) Несколько труднее бывает решить вопрос, отклоняется ли данная группа частиц более потому, что у нее масса меньше, или потому, что у нее заряд больше в результате отщепления двух или трех электронов зараз. Ведь, увеличение заряда усиливает отклонение так же, как и уменьшение массы. Однако по некоторым особенностям кривых (при больших зарядах скорости всех вообще частиц увеличиваются) можно безошибочно отличить, имеем ли мы дело с частицами меньшей массы по сравнению с наблюденными раньше или это те же частицы, но более сильно заряженные.

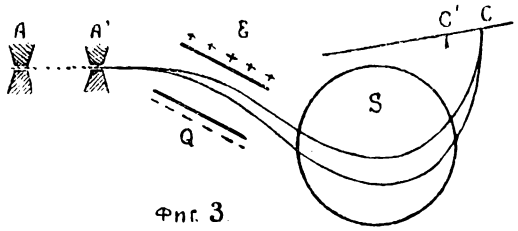
образом является возможность определять атомные веса каких-угодно газов. Необходимо отметить, что подобным же путем Томсон 25 лет тому назад определил массу электрона и показал, что, откуда бы мы ни получали электроны, они все имеют одну и ту же массу. Однако потребовалось около 15 лет упорной работы, чтобы применить этот прием к каналовым „лучам" и выработать вытекающий из него новый метод определения атомных весов. Атомные веса получаются по методу Томсона с точностью до 1—2%, т.-е. с точностью, значительно уступающей точности химического анализа, и все-таки Томсону удалось открыть совершенно новые и неожиданные факты. Если наполнить трубку метаном (соединением водорода с углеродом) CH_4, то получаются не только частицы метана с положительным зарядом, но и группы: CH_3, CH_2, CH, C_+, H_+ и C_{++}, т.-е. соединения углерода с тремя, двумя и одним атомом водорода и, наконец, отдельные атомы водорода и углерода с положительными зарядами.

Ничего подобного химики не получали: группы CH CH_2, CH_3 в свободном состоянии не были известны. Но понятие „свободное состояние" весьма относительно: в любом газе при атмосферном давлении частицы газа миллионы и миллионы раз друг с другом сталкиваются в течение одной только секунды! При каждом таком столкновении группы CH, CH_2 и CH_3, если бы даже нам удалось получить их в отдельности, могут соединиться между собой и дать более сложные молекулы. В разрядной же трубке Томсона частицы от того места, где произошло расщепление, без одного столкновения долетают до фотографической пластинки в несколько стомиллионных долей секунды. Вот в этот промежуток времени они действительно, можно сказать, находятся в свободном состоянии!

После выработки Томсоном этого нового метода, спустя восемь лет, в 1920 году в той же области было сделано весьма существенное усовершенствование учеником Томсона—Астоном.

Астон расположил электрическое и магнитное поле так, что вызываемые ими отклонения происходили в одной и той же плоскости, но имели противоположные направления. Очень узкий пучок „каналовых лучей" выделялся с помощью двух щелей A и A^1 (см. фиг. 3), имевших ширину 0,05 м/м. В заряженном конденсаторе пучок расширяется, так как более медленно двигающиеся частицы отклоняются сильнее. Магнитное же поле, производя отклонение в обратную сторону, заставляло этот рассеявшийся было пучок соединиться вновь. В месте соедине-

ния, так сказать в „фокусе“ C, помещается фотографическая пластинка — там получается „изображение“ щели A^1; частицы, имеющие другую массу, дадут изображение в другом месте, например в C^1. Расчет, подтверждаемый опытом, показывает, что можно найти такое положение фотографической пластинки, при котором на ней именно и расположатся все изображения, все „фокусы“, даваемые частицами различных масс. Получаемый на пластинке ряд полос Астон предложил назвать „спектром масс“. Для определения масс, соответствующих отдельным линиям, всего удобнее подмешать к испытуемой смеси метан, который, как мы уже видели, дает частицы: CH_4, CH_3, CH_2, CH, C, H и C_{++}, имеющих массы 16, 15, 14, 13, 12, 1 и 6, т.-е. мы получаем как бы готовый масштаб и притом с довольно удобным распределением делений! Если измеряемые массы больше 16, то можно подобрать — это именно и делает Астон — другие органические соединения, дающие еще бо́льшее разнообразие частиц и обладающих притом бо́льшей массой частицы.



Фиг. 3

Точность метода Астона прямо удивительная, атомные веса можно определить с точностью до десятой, даже нескольких сотых долей процента,—стало быть, точнее, чем это делают химики! На первых же порах Астону удалось сделать с помощью этого метода ряд крупнейших открытий. Так, например, хлор, атомный вес которого очень хорошо был известен химикам (его вес выражается числом 35,49), дал в спектре масс две линии: одну, соответствующую 35,00, и другую, соответствующую 37,00,—есть еще слабый намек на линию 39,00, но принадлежит ли она хлору или какой-либо примеси—установить пока не удалось. Если сравнить степень почернения фотографической пластинки этих двух линий и считать, что почернение пластинки зависит от числа ударившихся чистиц, мы приходим к такой пропорции, которая как раз соответствует числу 35,49. Итак, обыкновенный хлор есть смесь, по крайней мере, двух разновидностей—двух „изотопов“, занимающих одно и то же место в системе Менделеева и ничем, кроме своей массы, не отличимых друг от друга!

На следующей таблице (см. табл. 1) начерчена система Менделеева в таком виде, как она представляется физикам. Рядом с порядковым числом, характеризующим положение данного эле-

мента в системе,—физический смысл этого числа мы разберем несколько позже,—и химическим знаком, сопровождаемым атомным весом по данным химического анализа, мы видим числа, соответствующие атомным весам „изотопов". Мы видим, что у Бора два изотопа, у неона два, у кремния два, у брома и аргона по 2, у криптона 6 и у ртути не менее 6 [1]). Но, что всего любопытнее, атомные веса изотопов оказываются целыми числами. Перед нами вновь всплывает смелая гипотеза Виллиама Проута!

Но мне сейчас же могут возразить: как же это может получиться, когда атомный вес водорода 1,008, а не 1,000 и притом Астон своим же методом подтвердил хорошо известное число 1,008?

Повидимому, в ядре атомов, в состав которых входят атомы водорода, а также в соединениях вроде метана или групп CH_3, CH_2, CH масса атома водорода равна единице. Все зависит от того, определяем ли мы массу ядра атома водорода отдельно или массу ядра плюс электрон, который при разных условиях может находиться на неодинаковых расстояниях от ядра. Во всех этих случаях масса всей системы может немного отличаться друг от друга; так как, становясь на точку зрения электронной теории, мы должны считать массу атомов и электронов электромагнитной, а электромагнитная масса системы зарядов зависит от их расположения.

Очень часто приходится слышать, что понятие об электромагнитной массе противоречит основам механики; в связи с этим философы и философствующие естествоиспытатели заговорили даже о дематериализации материи! Попытаемся разобраться, в чем здесь дело. Если мы хотим заставить двигаться какой-нибудь предмет, скажем, шар, имеющий массу m со скоростью v, то, как известно из механики, этому шару надо сообщить энергию в количестве, равном $\frac{mv^2}{2}$.

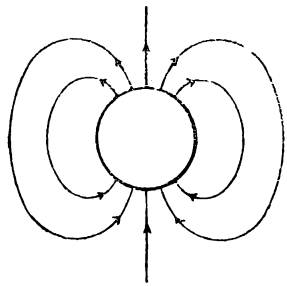
Представим себе, что мы бросаем тот же шар, но предварительно мы его зарядили электричеством. Летящий заряженный шар будет обладать теперь при той же скорости движения бо́льшей энергией: движущийся заряд в силу одного только своего движения будет проявлять все свойства электрического тока, будет отклонять магнитные стрелки [2]), мимо которых он будет

---

[1]) Таблица изотопов, помещенная в конце статьи, дополнена. *Прим. 1925 г.*

[2]) Кроме этого магнитного действия, шар может еще и притягивать и отталкивать электрически заряженные тела. Эта часть энергии сообщается шару при заряжении. Магнитная же энергия или энергия электрического тока черпается из того источника, который приводит шар в движение, как это указано в тексте.

пролетать, и т. д. Словом, движущийся заряженный шар обладает бо́льшей энергией при той же самой скорости. Таким образом, чтобы привести в движение заряженный шар со скоростью v, надо затратить больше энергии, т. е. не $\frac{mv^2}{2}$, а $\frac{m+m_1}{2}v^2$; дело происходит так, как будто масса шара стала больше. Опыты с электронами, вылетающими с громадными скоростями из радиоактивных тел, показали, что электроны обладают одной только электромагнитной массой m_1, обыкновенная же масса равна нулю: $m=0$. Более того, эта масса m_1, как показывает теория, подтверждаемая опытом, возрастает со скоростью; кроме того, если мы захотели бы подтолкнуть электрон в ту же сторону, в которую он летит, то придется затратить больше энергии, чем при смещении электрона в направлении, перпендикулярном к направлению его полета: при больших скоростях, как говорят, электромагнитная масса бывает продольная и поперечная. Но так ли уж сильно противоречат нашим механическим представлениям эти новые факты? Представим себе пузырек воздуха, поднимающийся со дна пруда; он поднимается, ускоряясь, гораздо медленнее, чем мы могли бы ожидать, зная, что воздух почти в 1000 раз легче воды. Это происходит потому, что при движении пузырек должен расталкивать воду перед собой; на фиг. 4 показаны направления струек воды, приводимых в движение пузырьком. Теория показывает, что движение происходит так, как будто к пузырю была прибавлена половина массы воды, вытесняемой им, а двигался он в пустоте. Представим себе шар с твердыми и очень легкими стенками, из которого весь воздух выкачан; такой шар, двигаясь в воде, будет увлекать с собой таким же образом окружающую воду, и движущаяся масса будет состоять главным образом из увлекаемой шаром воды. Этот пример может служить аналогией отсутствующей „обыкновенной“ массы электрона, массы шарика тоже нет, раз воздух из него выкачан. „Электромагнитная масса“ в нашем примере есть масса окружающей шарик воды, но, ведь, эта масса воды самая настоящая, материальная, хотя мы ее и не видим при движении пузырька! Аналогия, однако, может быть проведена еще далее; если мы возьмем тонкий и длинный ци-

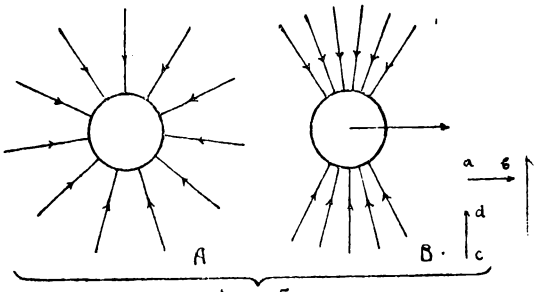


Фиг. 4

линдр и будем его двигать в воде, тогда окажется, что, смотря по направлению движения, цилиндр будет захватывать с собой при движении различные количества воды: при движении параллельно оси, т.-е. торцем вперед, он будет приводить в движение меньшее количество воды, чем тогда, когда мы будем его двигать перпендикулярно его оси. Вот, следовательно, пример на продольную и поперечную массу, взятый из области чистой механики!

Наконец, можно доказать, что, когда в воде двигаются несколько цилиндров одновременно, то увлекаемые ими массы воды зависят от того: близко ли друг к другу расположены цилиндры или нет.

Но вернемся к электромагнитной массе и посмотрим, как Томсон, который раньше других показал, как надо рассчитывать электромагнитную массу и первый заговорил вообще об электромагнитной массе еще в 1881 году [1]), объясняет, исходя из этой механической аналогии, продольную и поперечную массу электрона, а также возрастание массы со скоростью. Томсон, так же, как Фарадей и Максвелл, приписывает так называемых силовым линиям реальное существование. Эти линии располагаются вокруг заряженного неподвижного шара, как изображено на фиг. 5 *A* и *B*. Фактически их можно наблюдать следующим образом: если в расплавленный парафин, к которому подмешана угольная пыль, опустить на ш елковинке заряженный шарик, то угольные пылинки располагаются по направлению радиусов шара, как показано на фиг. 5 *A*. При движении электрона в эфире эти силовые линии, по Томсону, должны сместиться в экваториальную область электрона (см. фиг. 5 *B*) по той же причине, по которой полураскрытый зонтик сам раскрывается при движении против ветра. По мере увеличения скорости силовые линии все гуще скопляются в экваториальном поясе и все большие массы



Фиг. 5

---

[1]) „Effects produced by the Motion of Electrified Bodies,—„Philosophical Magazine“, April 1881.

захватывают с собой из окружающей среды—эфира; этим объясняется таинственное возрастание массы со скоростью! Из одного взгляда на фиг. 5 *B* ясно, что при движении в направлении *ab* увлекаемая масса будет больше, чем в направлении *cd*. Таким образом, понятно, почему „продольная“ масса электрона больше „поперечной“. На это возразят, что эфир уже сдан в архив; новый принцип относительности его более не допускает. Нелишне, однако, заметить, что изложенная нами сейчас теория Томсона с помощью эфира [1]) объясняет очень просто те же самые явления, которые были предсказаны принципом относительности путем самых головоломных вычислений! Свою теорию Томсон резюмирует следующим образом: „Всякая масса есть масса эфира, всякое количество движения есть количество движения эфира и всякая кинетическая энергия есть кинетическая энергия эфира“ [2]).

Вернемся, однако, к вопросу об атомном весе водорода: из сказанного ясно, что если ядро и электрон не во всех случаях одинаково расположены, то связывающие их линии сил будут иметь неодинаковое расположение, не одинаковую густоту, а это сказывается на величине массы увлекаемого ими эфира. Где же здесь, спрашивается, дематериализация материи? И не забудем, что Томсон, отправляясь от этих моделей, первый пришел к понятию об электро-магнитной массе.

Открытие Астоном изотопов хлора, брома и ртути очень удивило не-специалистов, а между тем, мы, физики, имеем уже дело с изотопами несколько лет. Только эти изотопы были найдены среди недолговечных продуктов распада урана, радия, тория и актиния,—словом, изотопы были установлены для радиоактивных тел, а в них еще и до сих пор некоторые ученые стесняются видеть настоящие химические элементы.

Так в недавно вышедшем руководстве по химии проф. В. Я. Курбатова атомы радиоактивных тел из осторожности называются: „атомоидами“. Такова уж сила привычки и... наклонность к философствованию. А именно здесь, в этой области радиоактивных процессов, выяснилось, что собственно делает изотопы химически не отличимыми друг от друга, а также какой именно фактор определяет положение элемента в периодической системе. В длинном ряде известных нам радиоактивных превращений мы

---

1) „Physikalische Zeitschrift“, 1921, Februar.

2) Дж. Дж. Томсон, Elektricität und Materie, p. 33, Vieweg, Braunschweig 1904.

встречаемся с двумя типами этих превращений. В превращениях первого типа происходит выделение одной α-частицы, т.-е. одного атома гелия (атомный вес=4), от которого отщеплено два электрона и который, следовательно, несет с собой двойной положительный заряд. Будем называть такой процесс α-превращением.

Превращения второго типа сопровождаются выделением одной β-частицы, т.-е. одного электрона с одним отрицательным зарядом—будем называть это β-превращением. Возьмем для примера радий с атомным весом 226—он принадлежит к той же II группе, что и кальций, стронций и барий. Атом радия, распадаясь, дает одну α-частицу с атомным весом четыре и атом нитона или эманации радия с атомным весом 222. Эманация по своим химическим свойствам относится к нулевой группе, т.-е. к той группе, где помещаются так называемые благородные газы: гелий, аргон, неон, криптон и ксенон (см. табл. I). Заметим, что атомный вес убавился на четыре единицы, заряд ядра атома убавился на две единицы, так как из него вылетела одна α-частица с двойным зарядом, и в то же время при этом в процессе эволюции вещество переместилось в Менделеевской системе на два места назад: из второй в нулевую группу. То же самое происходит и при двух следующих за тем α-превращениях: заряд ядра уменьшается на два элементарных заряда, получающееся вещество по своим химическим свойствам попадает в системе элементов на место, отстоящее на два номера назад—в сторону убывающих атомных весов; в данном случае атомный вес действительно убывает на четыре единицы. После трех α-превращений: радий—эманация, эманация—радий A, радий A—радий B, наступает β-превращение: радий B—радий C [1]), при этом выделяется один электрон. Атомный вес при этом почти не изменяется; во всяком случае, учесть это изменение мы не можем, и, несмотря на это, по своим свойствам радий C принадлежит к V группе, тогда как радий B имеет место в IV. Следовательно, при β-превращении вещество перемещается на одно место в Менделеевской системе вперед в сторону возрастающих атомных весов, атомный вес не возрастает, заряд же ядра (положительный) возрастает также на единицу, так как из ядра вылетает один заряженный отрицательным электричеством электрон. Изложенное правило, установленное Содди и Фаянсом,

---

[1]) В настоящее время установлено, что радий C есть смесь двух тел. *Примеч. 1925 г.*

показывает, что с физической точки зрения положение того или другого элемента в периодической системе обусловлено не атомным весом, а числом свободных элементарных положительных зарядов ядра атома. Это число, как мы увидим, совпадает с порядковым числом, т.-е. с № места в Менделеевской системе.

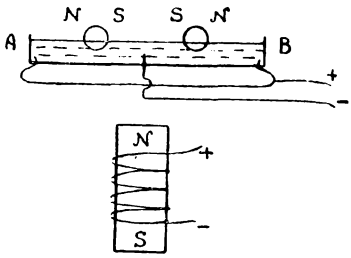
Слово свободный имеет следующий смысл: из ядра атома вылетают α- и β-частицы, значит, в ядре имеются заряды и того и другого знака. Поэтому, если в ядре будет 10 зарядов $+$ и 2 заряда—, то свободным зарядом ядра мы будем считать $+8$; но то же число $+8$ мы получим, взяв $+12$ и -4. Среди весьма значительного числа продуктов распада радиоактивных веществ, получающихся путем α- и β-превращений, встречается много изотопов: число их на табл. 1 отмечено римскими цифрами. Эти вещества химически не отличимы друг от друга, и если мы узнали об их существовании, то исключительно по их радиоактивным свойствам; эти вещества обладают различной долговечностью: одни из них распадаются так быстро, что через несколько минут после их выделения от них остается очень незначительная доля, для других этот процесс идет часами, годами и даже тысячелетиями. Кроме того, эти вещества при α- и β-превращениях выделяют α- и β-частицы, обладающие различными скоростями, которые благодаря этому могут проникать через различную толщу воздуха: получаются, как говорят, α-частицы различного свободного пробега. От радия *C*, например, видны следы ударов α-частиц на экране сернистого цинка в виде вспышек, заметных в лупу, в воздухе при атмосферном давлении еще на расстоянии в 7 сантиметров от источника α-частиц, а от самого радия только на расстоянии в 3,3 сантиметра. На длине свободного пробега основан способ анализа радиоактивных веществ.

Однако все это исследования с такими малыми количествами и производятся они с помощью таких необычных—в житейском смысле—экспериментальных приемов, что у многих ученых, неспециалистов в данной области, оставались сомнения, и самый факт существования изотопов не получил той широкой огласки, которой он заслуживал. Однако в 1915 году и в этой области было сделано открытие, которое способно было заставить призадуматься самого непримиримого скептика.

Если мы просмотрим всю цепь превращений от урана (атомн. вес 238) до радия *G*, то при этом заметим 8 α-превращений, отсюда атомный вес радия *G* должен равняться $238-8 \cdot 4 = 206$. По правилу Фаянса, радий *G* попадает на одно и то же место Менделеевской системы, где стоит свинец с атомным весом 207,2,

а известно, что свинец встречается всегда в рудах, содержащих уран и торий. С другой стороны, конечный продукт распада тория получается из него после 6 α-превращений, следовательно, атомный вес этого тела равен 232 (ат. вес тория)—4 . 6 = 208, а если мы рассчитаем по правилу Фаянса, где должно находиться в системе элементов это вещество, мы приходим на то же самое место, т.-е. туда, где стоит свинец! Числа 206 и 208 и атомный вес свинца 207,2 заставляют сделать предположение: не представляет ли обыкновенный свинец смесь двух изотопов?

Для проверки этой гипотезы были добыты урановая руда из южной Африки, содержащая ничтожнейшие следы тория, и с другой стороны были отобраны куски торита, не содержащего урана, из той и другой руды был выделен свинец и был определен его атомный вес; результаты получились следующие: атомный вес уранового свинца RdG=206,05, а для ториевого свинца получилось 207,77! Лучшего подтверждения нельзя было и желать!



Фиг 6.

Итак, положение элемента в периодической системе определяется свободным положительным зарядом ядра, свободным в указанном выше смысле этого слова. Но ведь атом нормальный, нерасщепленный электрически, нейтрален; как же располагаются в нем электроны, нейтрализующие этот свободный заряд ядра?

Для того, чтобы наши рассуждения не носили отвлеченного характера, позвольте с помощью модели иллюстрировать расположение электронов в атоме. В деревянной ванне налита ртуть; к центру ванны подводится один полюс электрического провода, по краям имеются электроды, соединенные с другим полюсом. Под ванной находится полюс сильного электромагнита. На ртути плавают стальные намагниченные шарики. Под влиянием притяжения электромагнитом все шарики поворачиваются к полюсу N (см. фиг. 6) своими S полюсами и начинают двигаться к центру ванны, но тут начинает сказываться взаимное отталкивание одноименных полюсов S плавающих шариков. Они располагаются под действием электромагнита (полюс электромагнита изображает ядро атома) и взаимных отталкиваний в фигуры равновесия в виде одного или нескольких колец с центром в середине ванны, находящемся над электромагнитом. Пропуская ток через

ртуть, мы можем заставить ее вместе с шариками вращаться в поле электромагнита и тем получить иллюзию движения электронов в атоме. В нашей модели мы можем сколько угодно шариков бросать на ртуть, в атоме же число электронов в кольцах определяется свободным зарядом ядра, так как ведь атом должен быть электрически нейтрален. А числом электронов определяется число и размеры колец, так что, если, как у изотопов, ядро имеет один и тот же заряд, то внешняя оболочка атома, его кольца, одинаковы, а следовательно, внешние размеры и его химические и физические свойства, за исключением радиоактивных, определяемых самим ядром, должны быть одинаковы. Это вполне подтверждается целым рядом опытов.

Таблица II.

	A (атомный вес).	d (плотность).	Объем, приходящийся на каждый атом.
Обыкновенный свинец . . .	207,2	11,337	$\frac{207,2}{11,337\,N}=\frac{18,28}{N}$
Свинец из Карнотита . . .	206,35	11,289	$\frac{206,35}{11,289\,N}=\frac{18,28}{N}$
Свинец из Клевента	206,08	11,273	$\frac{206,08}{11,273\,N}=\frac{18,28}{N}$

В таблице II приведены вычисления атомных объемов; если мы атомный вес или число граммов, равное числу единиц в атомном весе (грамм-атом), разделим на плотность, т.-е. на массу в одном кубическом сантиметре, мы получаем объем одного грамм-атома. А разделив еще на N, т.-е. на число атомов в грамм-атоме, мы получим объем, приходящийся на каждый атом. Это число N теперь хорошо известно. Как видно из таблицы, атомный объем для изотопов и для смесей изотопов один и тот же, следовательно, внешние размеры атомов одинаковы.

В следующей табл. III приведены схемы гальванических элементов, при чем один электрод состоит из каломели Hg_2Cl_2, другой из перекиси свинца PbO_2 или перекиси $RdGO_2$ (перекись радия G—изотоп свинца), в качестве электролита в этом элементе берется азотнокислый свинец или азотнокислый радий G.

Таблица III.

	I электрод.	Электролит.	II электрод.
1)	Hg_2Cl_2	$Pb(NO_3)_2$	PbO_2
2)	Hg_2Cl_2	$RdG(NO_3)_2$	PbO_2
3)	Hg_2Cl_2	$RdG(NO_3)_2$	$RbGO_2$

Как показывает опыт, электродвижущая сила этих элементов с точностью до 0,005 милливольта одинакова. А между тем обыкновенно ничтожнейшие изменения электродов или электролита вызывают сильные изменения электродвижущей силы. Таким образом электрохимические свойства изотопов одинаковы.

Далее оказывается, что спектры лучей Рентгена, получаемых в результате бомбардировки катодными частицами тел, состоящих из различных элементов, тесно связаны с порядковым числом элемента, т.-е. с свободным зарядом атома. Квадратный корень из частоты колебания, соответствующей какой-либо линии рентгеновского спектра, оказывается пропорциональным порядковому числу. Для этого приходится только выбирать определенную линию из той или другой серии. Дело в том, что рентгеновские спектры различных веществ все похожи друг на друга и в них можно найти соответствующие друг другу линии и вот для этих линий и имеет место указанная закономерность. Таким именно путем и были точно установлены порядковые числа, стоящие в табл. I, и эти числа и послужили основанием для несколько необычного, с точки зрения химика, размещения обведенных в таблице I чертой элементов: так называемых редких земель. Из таблицы видно, что вплоть до самого тяжелого элемента урана остается только пять пустых мест. Существует в этих пределах еще пять неизвестных в и д о в материи, число же разновидностей—изотопов—может быть и очень велико даже в этих пределах (от водорода до урана). Предела для числа разновидностей мы пока установить не можем.

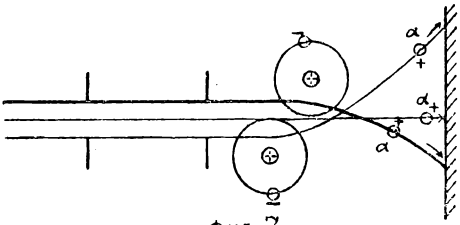
Но, пожалуй, еще более интересное и более наглядное доказательство правильности излагаемой нами теории дают опыты, впервые осуществленные Гейгером и Марзденом. Эти опыты в последнее время были тщательно проверены и дополнены, о чем уже имеются указания в литературе, но полностью они еще, повидимому, не опубликованы [1]). Дело сводится к следующему: если пучок α-лучей, т.-е. заряженных атомов гелия, пустить на экран сернистого цинка, то каждая частица вызывает заметную в лупу для глаза искру и если на пути пучка нет особых препятствий; если, например, газ, через который они пролетают, разрежен, то пучок имеет размеры тех отверстий, через которые его пропускают (см. рис. 7). Но если мы на пути поставим тонкий листок какого-нибудь металла, то, пролетая вблизи ядра, заряженный положительно атом гелия или α-частица оттолкнется в сторону:

---

1) Опыты Чадика, произведенные в 1920 году. *Примеч. 1925 г.*

он может оттолкнуться только от ядра, имеющего большую по сравнению с ним массу, а не от отдельных электронов, которые он сам разбросает в стороны, так как масса атома гелия относится к массе электрона примерно так, как масса солнца относится к массе планеты Уран. Вследствие этих отклонений пучок станет расходящимся и, как показывает теория Рутерфорда, изучая распределение искр на экране в этом расходящемся пучке, можно определить заряд ядра отклоняющего атома.

Выполненные измерения блестяще подтвердили основное предположение, что число свободных зарядов ядра для каждого элемента оказывается равным порядковому числу. Таким образом и эта цепь фактов приводит нас к тому же результату. Однако я здесь должен оговориться: способ Гейгера и Марздена применим к исследованию атомов значительно более тяжелых, чем атомы гелия,—так, например, для алюминия отношение будет 27:4. Только в таком случае мы можем отвлекаться от перемещений отклоняющего ядра, т.-е. можем считать, что ядра атомов в металлических пластинках сами не смещаются. В этом предположении и была построена теория Рутерфорда, объясняющая опыты Гейгера и Марздена. Но является вопрос: а что же случится, если атом гелия ударится о какой-нибудь легкий атом, например, налетит на один из двух атомов молекулы водорода? Тут, конечно, придется считаться с тем, что обе частицы будут двигаться после столкновения — теорию пришлось дополнить. Эта новая задача была выполнена молодым английским теоретиком Дарвином, внуком знаменитого Чарльза. Интересно отметить: дед изучал эволюцию органического мира, отец—эволюцию двойных звезд, а сын изучает эволюцию атома! Дарвин показал, что если α-частица налетает в упор или почти в упор на атом водорода, то атом, во-первых, вылетает из молекулы и движется со скоростью в 1,6 раз большей, чем сама выбившая его α-частица, вылетающая из радия С. А вместе со скоростью возрастает так называемый свободный пробег частицы, т.-е. то расстояние, на котором еще видно действие частицы, на экране сернистого цинка. Для радия С в воздухе при атмосферном давлении искры на экране сернистого цинка видны еще на расстоянии 7 сантиметров. Опыт показывает, что максимальный пробег растет пропорционально



Фиг. 7.

третьей степени скорости, а потому для водородных или, как их теперь обозначают, для H-частиц этот пробег будет в $(1,6)^3 \cong 4$ раза больше, чем для радия C. H-частицы должны быть видны в воздухе на расстоянии 28 сантиметров.

Поставленные для этой цели опыты блестяще подтвердили расчеты Дарвина. Можно поставить на пути α-частиц, летящих в атмосфере водорода в какой-нибудь трубке, алюминиевый экран такой толщины, чтобы он задержал все частицы с пробегом в 7 сантиметров. Этим экраном можно, например, закрыть окошко в трубе, наполненной водородом, и по другую сторону, т.-е. в воздухе, поместить подвижной экран с лупой для наблюдения искр, вызываемых H-частицами, обладающими большим пробегом. Когда же начали проверять теорию Дарвина с количественной стороны, так как по теории можно для данного слоя водорода подсчитать, сколько придется ударов, дающих в результате одну H-частицу,—оказалось, что водородных частиц больше, чем этого требует теория, и они появлялись, правда в очень небольшом числе, даже тогда, когда в трубке водорода не было, а был воздух. Долгое время Рутерфорд, занявшийся этим вопросом со своими учениками, думал, что H-частицы получаются из следов влаги, имеющейся в трубках и в препаратах радия, но это предположение не оправдалось. Загадка была решена, когда трубку вместо воздуха наполнили азотом: число H-частиц возрасло на 25%. Стало ясно, что водородные частицы выбиваются не только из молекул водорода, но также из атомов азота, а это значит, что атомы азота разложены! Вы видите таким образом, что открытие Рутерфорда не было случайностью, что здесь мы имеем сложную, но вместе с тем крайне логичную связь, правильное чередование опыта и теории, которое неизбежно роковым образом должно было привести Рутерфорда к его замечательному открытию.

Все, что последовало за этим, представляет собой верх экспериментального искусства. Не надо забывать, что наблюдение и подсчет искр, появляющихся на экране сернистого цинка, требуют огромного напряжения.

H-частицы дают искры более тусклые—опытный глаз их сразу отличает от α-частиц, поэтому их гораздо труднее наблюдать, особенно когда они появляются редко, а это как раз и имеет место в опытах Рутерфорда. Он проделал опыты с отклонением этих частиц магнитным полем, т.-е. воспользовался теми методами, о которых у нас шла речь. Ему удалось установить, что масса H-частиц равна 1, т.-е. что это несомненно атомы водо-

рода. Кроме этих H-частиц он нашел еще и другие, названные им X_3 с атомным весом, равным 3; он считает эти частицы за изотоп гелия, так как они несут такой же двойной заряд, как и α-частицы. Эти частицы X_3 получаются из атомов азота и кислорода. Как я уже сказал, по самым последним известиям, Рутерфорду удалось разложить атомы углерода, кремния, алюминия и, быть может, бора[1]).

Позвольте привести теперь ряд крайне любопытных цифр. Как часто выбивает α-частица H-частицу, т.-е. частицу водорода из молекулы водорода, т.-е. как велик % благоприятных для этого выбивания столкновений? Оказывается, что на 10.000 столкновений только одно дает H-частицу! Для азота дело обстоит еще хуже: при столкновении с α-частицами распад атома получается только в одном случае на 10 миллиардов столкновений! Значит, надо попасть в определенное место атома, чтобы вызвать его распад[2]).

Далее, если бы мы взяли один грамм радия и заставили его день и ночь бомбардировать азот или кислород, то мы собрали бы 1 кубический миллиметр газа водорода или X_3, т.-е. объем, немного больший булавочной головки, только через 250 миллионов лет!

Это показывает, как мало мы еще овладели процессом распада, а с другой стороны это показывает, как чувствительны наши методы исследования. Да ведь и в самом деле каждая искра на экране, которую мы можем учесть—это всего один атом!

Между прочим, Рутерфорду удалось показать, что энергия движения частиц H и X_3, получаемых из азота и кислорода, на несколько процентов больше, чем она должна получиться от толчка, вызванного ударом α-частицы. Это показывает, что в ядре разрушаемого атома эти частицы уже обладали некоторой энергией. Факт крайне интересный, но его и следовало ожидать. Из опытов с радиоактивными веществами мы знаем, какие колоссальные количества энергии таятся в атоме; и если эти запасы существуют в атомах одного вида, то естественно было предполагать их и во всех остальных.

Во всяком случае, процесс распада атомов подчиняется теперь,

---

1) В дальнейшем Рутерфорд отказался от своего предположения о частицах X_3, что же касается частиц H, то их масса=1 и тождество с ядром атома водорода установлено вне всякого сомнения.

2) В настоящее время установлено, что разложение происходит немного чаще, чем это указано в тексте. *Примеч. 1925 г.*

хотя и в очень слабой степени, руке экспериментатора. Это огромный успех: начало новой эпохи в истории физики!

В заключение позвольте мне остановиться на двух наиболее прочно установившихся предрассудках, связанных с этими замечательными открытиями. Прежде всего, говорят, что не только эти блестящие исследования Рутерфорда, но и самая электронная теория опровергла атомную теорию вещества. Говорят, что раз атом можно разделить—значит он более не атом! Я думаю, что этот предрассудок никогда бы и не появился на свет, если бы атом окрестили не по-гречески, а хотя бы по-латыни, если бы его назвали, скажем, индивидуумом. Это ведь тоже значит неделимый. Но никому из нас в голову не придет сказать, что человек теряет окончательно и бесповоротно свою индивидуальность, перестает быть индивидуумом, когда хирург ему вырежет червеобразный отросток или ампутирует руку или ногу? На это возразят, что в обычных, известных химику, условиях атом все-таки был неделим. Совершенно верно, но ведь при нормальных условиях нормальным людям хирурги операций также не делают!

В этом отношении для нас особенно ценно признание самого творца периодической системы Дмитрия Ивановича Менделеева—ценно потому, что он как раз был страстным противником применения принципа эволюции к химическим элементам. Он скептически относился к теории атомного распада радиоактивных элементов и, несмотря на это, вот что он писал в своих знаменитых „Основах химии“:

„Для нас ныне атом есть неделимое не в геометрическом, абстрактном смысле, а только в реальном физическом и химическом. А потому лучше было бы назвать атомы индивидуумами—неделимыми. Греческое атом=индивидууму латинскому по сумме и смыслу слов, но исторически этим двум словам придан разный смысл. Индивидуум механически и геометрически делим и только в определенном реальном смысле неделим.

„Земля, солнце, человек, муха—суть индивидуумы, хотя геометрически делимы. Так атомы современных естествоиспытателей, неделимые в физико-химическом смысле, составляют те единицы, с которыми имеют дело при рассмотрении естественных явлений вещества, подобно тому как при рассмотрении людских отношений человек есть неделимая единица, или как в астрономии единицей служат светила, планеты, звезды“[1])... А к этому можно добавить, что первые атомисты, поставившие атомную теорию

---

[1]) Д. И Менделеев, Основы химии, стр. 164, 5 издание, 1889 г.

на строго научную почву, как раз пытались найти хотя бы только внешнюю, только числовую связь между атомными весами, чтобы тем самым подтвердить гипотезу Виллиама Проута о возможном происхождении всех элементов из водорода; как мы видели, после опытов Астона эта гипотеза становится теперь, через сто лет, весьма вероятной! Таким образом не атомисты, своими смелыми мыслями забегавшие на сто лет вперед, огорчились бы, если бы могли воскреснуть в наши дни, а скорее их противники, предостерегавшие их от смелых гипотез и своей осторожностью создавшие догматы вроде абсолютной неделимости атома и не давшие науке ничего, кроме тормоза для творческой мысли ученого.

Переходим ко второму предрассудку: он интересен хотя бы уже и потому, что он прямо протиположен первому, что не мешает ему пользоваться одинаково широким распространением. Нам говорят, что теперь, наконец, осуществилась мечта средневековья—мечта алхимиков: элементы разложены! Говорится это часто в виде упрека. Вот вы, мол, ученые, превозносите вашу науку, а что вы сделали? Только подходите к тому, над чем еще вчера смеялись, как над несбыточной мечтой. Насколько же умнее вас были те люди, которые за много столетий думали о том, о чем вы только теперь удосужились как следует подумать! Рассмотрим это обвинение со всем хладнокровием терпеливого исследователя. Говорить серьезно об исполнении желаний алхимиков может лишь тот, кто весьма скромно относится к человеческим желаниям вообще; кто не только не унывает, когда желание не исполнилось, но даже способен радоваться, когда исполнилось прямо противоположное тому, чего люди желали!

В средние века искали способа получить золото—тяжелый металл—элемент с большим атомным весом. Словом, тогда искали синтеза элементов. Современная наука открыла естественные процессы распада, а за последние два года нашла способ вызывать этот распад искусственно. На это можно возразить, что и алхимики искали предварительно составных частей металлов, из которых можно было бы путем синтеза построить золото, но они не учли одного: они не учли, что процесс распада сопровождается выделением огромных количеств энергии, которую неизбежно придется затратить на синтез, если бы даже мы и научились этому синтезу когда-нибудь. Таким образом, если даже в более или менее отдаленном будущем мы и научимся тела низкого атомного веса превращать в золото, то при этом придется затрачивать

огромные количества энергии. Если мы будем расценивать эту энергию на золото же, то придется во много раз больше истратить золота, чем сколько его получится! А если бы золото удалось получить из более тяжелого элемента, то выделенные при этом огромные запасы энергии будут стоить гораздо дороже, чем полученное в конце концов золото, которое в данном случае будет служить побочным продуктом производства, если не отбросом!

Вообще сравнение младенческих исканий человечества с современной наукой крайне поучительно. Полу-ученый, полу-фантаст, сидевший в своей полутемной келье, окруженный отошедшими в область истории ретортами, мечтал о драгоценном золоте, в котором он видел верх благополучия. Он не знал, что такое энергия, не думал об ее источниках, да к чему это и было тогда? Люди работали сами или заставляли работать своих лошадей; ни фабрик, ни заводов, ни железных дорог тогда не было!

И вот для сравнения мысли Фредерика Содди—ученого, впервые увидавшего в 1903 году появление элемента гелия из другого элемента радия и подсчитавшего те огромные количества атомной энергии, которые выделяются при этом процессе. В своей книжке „Материя и энергия“[1]) он высказывает серьезные опасения, что на земном шаре в будущем не хватит топлива: запасы угля и нефти истощаются. Он предвидит, хотя и в отдаленном будущем, бедствия, а в науке, открывающей путь к атомной энергии, он видит избавление от этого бедствия. Он ставит вопрос ребром: „Или вся наша цивилизация будет разрушена, или будет разрушен атом!“.

В этих словах видно, насколько мы ушли вперед. Современного ученого—правда, это один из лучших представителей науки во всех отношениях[2])—влечет не золото, не личное благополучие; для него в будущем его отвлеченные, чисто академические работы о строении атома связываются с самыми жизненными, самыми насущными вопросами о возможности дальнейшего существования человечества на земном шаре...

Но не будем заглядывать в будущее так далеко! Вернемся к тому, о чем у нас была речь сегодня, и зададим себе вопрос,

---

[1]) Ф. Содди, Материя и энергия. Перевод под редакцией А. Тимирязева. Издание „Печатник“. 1913.

[2]) Содди отличается редким качеством: он без всякого стеснения говорит, что думает. Его резкая критика нынешнего английского правительства навлекла на него резкие нападки „свободной“ печати в Англии.

что дало современной физике возможность добиться таких замечательных результатов? Как физик, я должем буду ответить: электронная, или, как предпочитает говорить Томсон, электрическая теория материи. В XIX столетии было установлено, что любая форма лучистой энергии,—свет, лучистое тепло, волны беспроволочного телеграфа,—представляет собой электромагнитные процессы, получающиеся в результате движения электронов—электрических зарядов—в том, что мы называем материей.

В XX столетии выяснилось, что заряд атома определяет его физические и химические свойства, что нет материи без электричества и нет электричества без материи.

Но что же, кроме этого, остается во всей физике?

Я думаю, что мы только теперь начинаем понимать тот глубокий пророческий смысл, который заключался в одной шутке, сказанной великим английским физиком лордом Кельвином уже много лет тому назад. Одну из своих бесед со студентами после лекции он закончил следующими словами: „Скажите мне, что такое электричество, и тогда я вам объясню все остальное!“.

III.

Принцип относительности

(О теории Эйнштейна).

Доклад, прочитанный на собрании Научной Ассоциации Коммунистического Университета имени Я. М. Свердлова 22 мая 1921 г.

Без всякого преувеличения можно сказать, что никогда еще за все время существования нашей науки ни одна из ее текущих задач, ни одна теория не привлекала к себе такого внимания, как теория относительности, разработанная Альбертом Эйнштейном; в наши дни об этой теории заговорили решительно везде; ею заинтересовались люди, стоящие совершенно в стороне от научной жизни и, быть может, до настоящего момента остававшиеся совершенно равнодушными к текущим задачам такой науки, как физика. Это тем более удивительно, что опять-таки на всем протяжении нескольких столетий трудно найти научный вопрос более „академического" характера, более оторванный от жизни и ее насущных задач, чем этот новый принцип, получивший сейчас такую широкую известность. К тому же он крайне трудно поддается общедоступному изложению, в кратком пересказе его часто совершенно искажают—почти до неузнаваемости,—а во всей своей полноте он доступен далеко не всем даже хорошо подготовленным специалистам, так как его усвоение требует напряженной работы хорошего математика в течение нескольких недель и при условии десятичасового рабочего дня!

Несмотря, однако, на все эти особенности, вокруг принципа относительности загорается страстная борьба, приобретающая отчетливо политическую окраску; в этой борьбе причудливым образом переплетаются самые противоположные течения, начиная от грубо элементарных, вытекающих из непосредственного чувства, и кончая утонченно-философскими. В прошлом году Эйнштейн решительно стал на сторону революции, а по имеющимся теперь сведениям, он даже формально вступил в коммунистиче-

скую партию [1]), и это обстоятельство сразу охладило восторги некоторых из его „аполитичных“ поклонников; по этому же поводу вспомнили как в Германии, так и у нас в России, что Эйнштейн — еврей, в Германии на этой почве была организована даже форменная травля знаменитого ученого поднявшими голову антисемитами. С другой стороны, вся германская коммунистическая печать с восторгом распространяет новые идеи, приветствуя вместе с тем и их смелого автора, решительно порвавшего с академическими традициями и присоединившегося к борющемуся рабочему классу.

Но все это вполне понятная чисто внешняя сторона дела. Если же вникнуть глубже в теорию Эйнштейна и в особенности в ее философские следствия, которые пытается вывести отчасти и сам автор, а в еще более сильной степени его часто не в меру ревностные поклонники и последователи, то мы сейчас же почувствуем, что мы — в области чистой идеалистической философии. Философские взгляды самого Эйнштейна во многом диаметрально противоположны материалистической философии марксизма. И не по этой ли причине наиболее дальновидные представители новой русской эмиграции в фельетонах своих контр-революционных газет с восторгом отзываются о величайшей революции в науке, проявляя тем самым какую-то непонятную, даже трогательную привязанность к... революции! Правда, в области такой безопасной науки, как физика!

Постараемся выяснить себе если не самый принцип относительности, что сделать в небольшой статье, по указанным уже причинам, очень трудно, то по крайней мере те основные задачи, которые он себе ставит и решает. Постараемся возможно более отчетливо себе представить, о чем собственно в этом принципе идет речь. Для этого необходимо прежде всего познакомиться с теми фактами, которые послужили основой всему этому учению; оно возникло на почве истолкования некоторых световых явлений. Мы начнем наш обзор с явления аберрации света и его истолкования.

Представим себе человека, стоящего под раскрытым зонтиком, который он держит над своей головой; пусть при полном отсутствии ветра идет дождь. Если стоящий под зонтом человек пойдет быстрыми шагами в какую-либо сторону, продолжая держать по-прежнему над собой зонт, то, по мере того, как он будет прибавлять ход, капли дождя будут падать ему сначала на ноги,

---

[1]) Слух оказался необоснованным. *Примеч. 1925 г.*

потом на руки, грудь и, наконец, начнут захлестывать в лицо. Чтобы при быстром ходе и при отсутствии ветра защититься от дождя, ему придется нагнуть зонтик вперед — в ту сторону, куда он сам идет. То же самое делает астроном, когда он наблюдает звезду, лучи от которой идут почти перпендикулярно к плоскости эклиптики, т.-е. к той плоскости, в которой движется земля вокруг солнца или, что то же самое, в которой лежит видимый на небе путь солнца между звездами. Вследствие того, что земля движется по замкнутой орбите, направление ее движения непрерывно изменяется, и астрономическую трубу придется наклонять в разные стороны (этот наклон ничтожен по величине, но может быть вполне точно измерен). Точно так же, если итти в дождь под зонтом и менять направление своего движения, придется для защиты от дождя столько же раз менять направление наклона зонта и притом так, чтобы он всегда был наклонен в сторону движения. Как объясняются эти явления аберрации или кажущегося изменения в направлении движения капель дождя и лучей света? Для дождя объяснение очень простое. Если центр зонта у нас над головой и если за то время, пока капля, пролетавшая мимо края зонта, падает до уровня, где находится, скажем, кончик нашего носа, мы сами успеем пройти расстояние, равное расстоянию от средины зонта до его края, то мы как раз успеем кончиком своего носа перехватить эту падающую каплю. Нам будет казаться, что дождь косой, что капли от края зонтика бьют в лицо, и поэтому мы инстинктивно наклоняем зонт вперед. Самое для нас существенное в этом объяснении состоит в том, что движение капли не зависит от движения идущего под зонтом человека: капля падает совершенно независимо от движения человека, его движение определяет только, в каком месте ее пути он ее перехватит. Это указывает, что и в астрономической трубе волны света, идущие от звезды, продолжают двигаться в трубе так, как будто труба вместе с земным шаром не двигалась, т.-е. та среда, тот эфир, в котором бегут волны света, не увлекается движением земли и находящейся на ней астрономической трубы. Это на первый взгляд кажется очень странным. Но если мы станем на современную точку зрения электронной теории, то мы должны будем иметь в виду, что атомы построены из маленьких ядер, заряженных положительным электричеством, и электронов, заряженных отрицательно и вращающихся по замкнутым орбитам вокруг ядра, образуя одно или несколько колец (как у планеты Сатурн). Размеры этих частиц очень малы по сравнению с размерами орбит. Если мы

представим себе размеры электронов и ядра атома увеличенными до размеров горошин, то наружное кольцо электронов, определяющее размеры атома, должно иметь размеры московского трамвайного кольца А или Б!

Следовательно, если материя именно так построена, то любое материальное тело можно уподобить решету с очень большими отверстиями и очень тонкими переплетами. Как бы то ни было, за то, что эфир не увлекается движением земли, а также движущимися на поверхности земли телами, говорит не только явление аберрации света, но также и целый ряд других опытов, в числе которых необходимо упомянуть классические исследования проф. А. А. Эйхенвальда [1]), выполненные у нас в Москве. Но если эфир действительно не увлекается движением земли, то для нас открывается возможность, измеряя скорость света по разным направлениям вдоль поверхности земли, определить скорость ее движения по отношению к неувлекаемому ею эфиру. А так как мы и без того хорошо знаем скорость движения земли вокруг солнца, то, вычитая эту известную нам скорость из той, которую мы получим на основании указанных измерений скорости света, мы по разности можем получить скорость движения солнечной системы среди звезд!.. [2]). Чтобы выяснить, в чем здесь дело, разберем следующий простой случай. Пусть на платформе какой-либо железнодорожной станции стоит наблюдатель и сле-

---

[1]) А. А. Эйхенвальд, „О магнитном действии тел, движущихся в электростатическом поле“, Москва, 1904, Университетская типография.

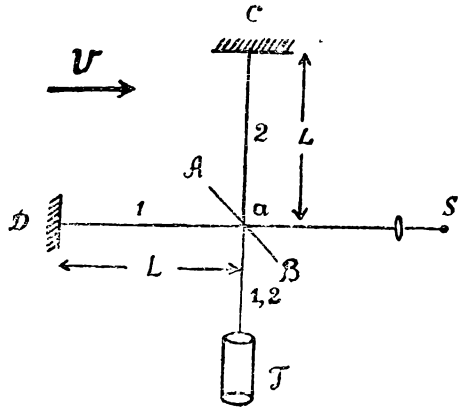
[2]) Во многих статьях и часто очень серьезных, написанных выдающимися учеными, можно встретить следующее: попытки определить скорость земли по отношению к эфиру этими авторами признаются бесплодной погоней философски необразованных физиков за абсолютным движением, так как движение по отношению к эфиру, по мнению философов, есть уже не относительное, а самое настоящее непостижимое для человеческого ума абсолютное движение! Между тем, дело гораздо проще: опыты указывают, что эфир, в котором мы легко можем возбудить колебательные движения,— свет, волны радиотелеграфа, лучи Рентгена и проч.,— не увлекается поступательным движением земли или, например, вращающимися дисками, с которыми производил свои опыты Эйхенвальд. Поспешное заключение, что весь необъятный океан эфира абсолютно неподвижен и что, следовательно, всякое движение по отношению к нему есть движение абсолютное, характеризует в гораздо большей степени полет мысли философа, чем, может быть, более тяжеловесное, но осторожное мышление экспериментатора, не любящего говорить о том, чего он не знает. Действительно, ни один физик не возьмется утверждать, что если ему не удалось сдвинуть с места эфир, значит и вообще эфир не может двигаться и не двигается.

дит за полетом галки, летящей вдоль платформы. Положим, этот наблюдатель при помощи каких-либо меток (деревьев, мимо которых пролетает галка) и часов или секундомера определил скорость ее полета в v сантиметров в секунду. Теперь предположим, что полет галки наблюдают из окон железнодорожного поезда, движущегося в ту же сторону, что и галка, но с меньшей скоростью — w сантиметров в секунду. Пусть наблюдатель отмечает по часам, когда галка поравняется с первым окном вагона и с последним; зная расстояние, т.-е. длину вагона, и время пролета этого расстояния, наблюдатель определит скорость галки по отношению к поезду. Ясно, что эта скорость будет меньше v и будет равняться разности: $u = v - w$ сантиметров в секунду. Чтобы устранить всякие недоразумения, выясним подробнее, как получается этот результат. Относительное движение каких-либо двух тел не может измениться, если мы этим двум телам сообщим одновременно одну и ту же скорость в одном и том же направлении. Прибавим к поезду, галке и воздуху, в котором она движется, скорость, равную и противоположную скорости поезда; тогда общая скорость поезда будет $w - w = 0$, т.-е. поезд можно считать остановившимся, а скорость галки будет $u = v - w$, но ее скорость по отношению к поезду не изменилась от прибавления к ней и поезду одной и той же скорости, а скорость поезда $= 0$, следовательно, $u = v - w$ и есть искомая скорость. Если галка летит навстречу поезду, то ее скорость относительно поезда будет, как нетрудно сообразить, рассуждая таким же образом, $u_1 = v + w$.

Так как свет движется в эфире, который не увлекается земным шаром, то, когда мы определяем скорость света на поверхности земли, мы решаем по существу ту же задачу, что и пассажир, определяющий скорость полета галки. Чтобы определить по скорости света скорость движения земли по отношению к эфиру, надо было бы поступать следующим образом. Прежде всего в данном месте земного шара в данный момент надо определить направление, совпадающее с направлением скорости земного шара; это астроном может сделать без труда. Затем надо измерить промежуток времени, который требует свет, чтобы пройти какое-либо определенное расстояние, скажем три километра по направлению движения земли и в обратную сторону. Так как скорость света равняется 300.000 километров в секунду, а скорость земли вокруг солнца 30 километров в секунду, то промежутки времени — числа секунд, требуемые для прохождения 3 километров туда и обратно—вы-

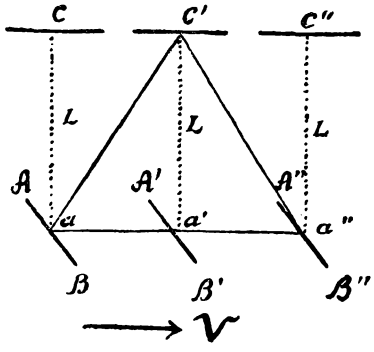
разятся соответственно: $\frac{3}{300000-30}$ и $\frac{3}{300000+30}$ или в общем виде: $\frac{L}{c-v}$ и $\frac{L}{c+v}$, где L—расстояние, проходимое светом, c—скорость света в эфире и v—скорость земли.

Простая арифметика, однако, показывает, что вследствие громадной скорости света опыт даже на протяжении трех километров потребовал бы измерения по меньшей мере десяти и стомиллионных долей секунды и притом опыт надо было бы ставить так: из одного пункта посылается сигнал и замечается время с точностью до стомиллионной доли секунды, а на расстоянии 3 километров этот сигнал принимается с такой же точностью! Затем оба пункта обмениваются ролями. При теперешних наших технических средствах осуществить такой опыт, по крайней мере до сих пор, не удалось. Во всех наших методах определения скорости света пользовались лучом света, прошедшим два раза одно и то же расстояние: туда и назад. Например, луч света, отразившийся от вращающегося зеркала и прошедший некоторый путь до другого зеркала туда и назад, застает вращающееся зеркало в другом положении и отражается по измененному направлению (метод Фуко). Но при этом, как нетрудно убедиться, влияние движения земли и наблюдателя с его приборами в значительной степени исключается: на пути луча в одну сторону движение земли вызывает его запаздывание, в противоположном направлении получается упреждение. Однако Майкельсону удалось придумать такое расположение опыта, при котором влияние движения земли можно было бы обнаружить, хотя и в значительно ослабленном виде. Схема его замечательного опыта, на котором и основывается принцип относительности, состоит в следующем. Луч света, выходя из источника света S (рис. 1a), разделяется, на два на поверхности стеклянной, слегка посеребренной пластинке AB. Часть света проходит до зеркала D, возвращается обратно и, отразившись от AB, попадает в трубу T. Луч (2), отразившийся



Фиг. 1-a.

от AB, отражается еще раз от C и, пройдя через AB, попадает в ту же трубу T. Если мы отвлечемся от движения земли, то оба луча при равенстве длин (1) и (2), т.-е. aC и aD, употребят одинаковое время, чтобы попасть в трубу T. Пусть свет — одноцветный (монохроматический), имеющий строго определенную длину волны; тогда, в центре поля зрения трубы волны, прошедшие одинаковые пути aC и aD, придут в одинаковой, как говорят, фазе, т.-е. долина одной волны придет одновременно с долиной другой, и гребень одной волны встретится также с гребнем другой волны: оба луча будут усиливать друг друга, и мы увидим в центре светлое пятно. Если же какое-либо из расстояний aC или Da будет больше другого на $^1/_4$ длины волны (или на нечетное число четвертей длины волны), то путь соответствующего луча, считая в оба конца, удлинится наполовину (или нечетное число половин длины волны). Тогда долина одной волны будет совпадать с гребнем другой и, наоборот, в центре поля зрения будет темное пятно. Вообще говоря, в поле зрения трубы будут видны чередующиеся кольца, светлые и темные, с светлым или темным центром, смотря по разности путей aC и Da, как только что было объяснено. Предположим теперь, что расстояния aD и aC одинаковы, но Da направлено по направлению скорости движения земли v. При этих условиях время, потребное свету, чтобы пройти расстояние L в оба конца, выразится так же, как в рассмотренной задаче о летящей галке и поезде: $t_1 = \frac{L}{c-v} + \frac{L}{c+v}$, и этот промежуток времени, оказывается, будет больше промежутка t_2, который требуется свету, чтобы пройти путь aC и обратно в направлении, перпендикулярном скорости земли. В самом деле, так как свет идет в эфире, который не увлекается землей и прибором Майкельсона (интерферометр), то фактически луч света должен пройти путь $aC'a''$ (см. фиг. 1*b*). Здесь ход лучей можно уподобить направлению движения человека, перебегающего из одного медленно идущего поезда в другой, идущий с той же скоростью по параллельному пути: чтобы попасть из вагона AB в вагон, находящийся напротив в C, придется в расчете на движение поездов перебегать по неучаствующей в движении земле

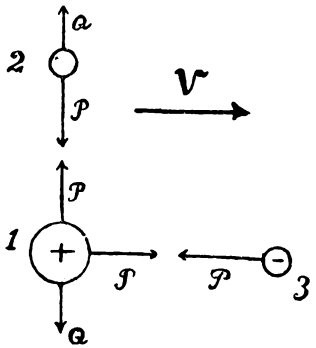


Фиг. 1-*b*.

не по направлению aC, а по aC', и то же самое сделать на обратном пути. Элементарный расчет показывает, что запаздывание луча (1) по сравнению с лучом (2) $t_1 - t_2 = \frac{L}{c}\left(\frac{v}{c}\right)^2$. Итак, один из лучей все-таки опаздывает, правда, на очень малую величину. Что запаздывание — величина малая, показывает простой арифметический подсчет: если длина L в приборе Майкельсона будет равна 1 метру, то $\frac{L}{c} = \frac{1}{300000000}$ доли секунды, а эту долю надо еще умножить на $\left(\frac{v}{c}\right)^2$, т.-е. на $\left(\frac{30}{300000}\right)^2$! Тем не менее, можно показать, что если мы, при указанном на чертеже (фиг. 1*a*) расположении, заметим в трубе T расположение светлых и темных колец и перевернем прибор на прямой угол вместе с трубой так, чтобы при новом расположении сторона aC совпадала по направлению с направлением движения земли, то светлые и темные кольца в трубе должны сместиться на вполне измеримую величину, так как лучи обменяются ролями и запаздывать будет луч (2), а не (1).

Однако опыт Майкельсона, повторенный несколько раз, дал отрицательный результат: никакого смещения колец интерференции в трубе T не было замечено![1])

Как объяснить себе этот неожиданный результат? Ответ на этот вопрос был дан знаменитым голландским физиком Лорентцом и, независимо от него, английским физиком Фиц-Джеральдом. Объяснение сводится к следующему: все тела по направлению движения сжимаются, при чем, если величина этого сжатия будет соответствовать запаздыванию $t_1 - t_2$, то запаздывания не произойдет, так как путь запаздывающего луча укоротится. Но почему же происходит сокращение в направлении движения? На это можно дать такой ответ: так как мы теперь знаем, что вся материя состоит из электрически заряженных частиц, то при движении эти заряды начинают действовать как элементы электри-



Фиг. 2.

[1]) В 1922—23 году опыт Майкельсона был повторен на горе Вильсон в Америке, при чем получался положительный результат. Детали этого исследования еще не опубликованы — см. также статью XVI настоящего сборника.

ческого тока, т.-е. при обсуждении сил взаимодействия между частицами нам к силам электрического притяжения разноименных зарядов P (см. фиг. 2) придется добавить силы отталкивания Q двух параллельных и противоположно направленных токов (по закону Ампера). Движущиеся заряды ведь действуют, как электрические токи. Заряды, движущиеся друг за другом, как, например, 1 и 3, по закону Ампера друг на друга не действуют, так что между ними останется одно только притяжение, свойственное разноименным зарядам. Итак, силы между 1 и 3, т.-е. по направлению движения, останутся те же, а в перпендикулярном направлении ослабнут, отчего и должно произойти сжатие. Вычисление показывает, что сжатие должно получиться как раз того же порядка, т.-е. пропорциональное $L\left(\frac{v}{c}\right)^2$! Интересно отметить ничтожную величину этого сокращения: весь земной шар в направлении своего движения должен по этому расчету сократиться всего на 6 сантиметров! Это показывает ту необычайную чувствительность, до которой удалось довести Майкельсону свою экспериментальную технику. Сокращение прибора во столько раз меньше 6 сантиметров, во сколько сам прибор меньше диаметра земного шара!

Читатель, может быть, спросит, а где же тут принцип относительности? Это — совершенно основательный вопрос: мы пока ни словом не обмолвились о принципе относительности Эйнштейна; но зато мы все время пользовались,— не упоминая, правда, об этом,— принципом относительности Галилея—Ньютона. Вообще говоря, на свете существует не один принцип относительности, а целых три. Принцип Галилея—Ньютона, принцип Эйнштейна специальный и принцип Эйнштейна всеобщий. Начнем с первого из трех, с принципа Галилея—Ньютона, которым, как уже только что было сказано, мы не раз уже пользовались в приведенных нами рассуждениях. Наблюдая полет галки с платформы или из поезда, мы получали разную величину скорости этого полета, но самый характер движения остается тот же,— движение остается все время равномерным и прямолинейным. Точно так же, сидя в вагоне железнодорожного поезда, движущегося равномерно и прямолинейно, без толчков, мы можем играть в мяч, вызывать какие-угодно движения: они будут протекать совершенно так же, как будто поезд стоял неподвижно. Словом, равномерное и прямолинейное движение какой-либо системы тел (железнодорожного поезда) не отражается на механических про-

цессах, происходящих внутри этой системы; эти процессы будут протекать так, как будто бы система была неподвижна. Даже более того,—часто трудно бывает решить вопрос, двигается ли поезд, в котором мы находимся, или стоящие перед окном вагоны на запасных путях? Если нет толчков, собственное равномерное движение поезда незаметно. Точно так же, если смотреть на движущуюся в реке воду, порой кажется, что вода неподвижна, а уголок набережной или моста вместе с наблюдателем движется в обратную сторону.

Наконец, если бы двигался не поезд, а земной шар, а вместе с ним и рельсовый путь со всеми станционными зданиями, деревьями и полями, то мы получили бы то же самое впечатление; надо было бы также подкидывать уголь в топку паровоза! Так как для того, чтобы поезд не увлекался движением рельсового пути, необходимо вертеть колеса, точно так же, как, если мы хотим остаться на одном и том же месте улицы, идя по движущемуся тротуару навстречу его движению, надо все время итти по нему вперед настолько, насколько нас относит назад движение самого тротуара [1]).

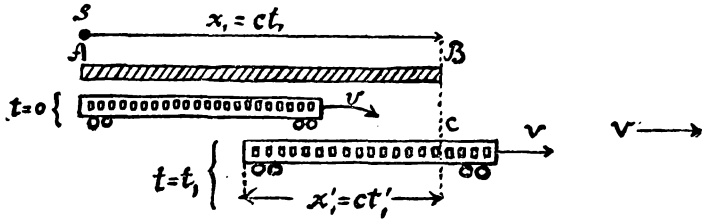
Этот принцип относительности не противоречит теории „неподвижного эфира",—даже более того, мы им как раз пользовались для расчета, какова должна быть скорость света на движущейся земле.

Рассмотрим теперь, в чем состоит первый, так называемый „специальный" принцип Эйнштейна. Он состоит в только что рассмотренном принципе Галилея—Ньютона, к которому добавляется утверждение, что скорость света не зависит от того, измеряем ли мы ее на движущихся системах или на неподвижных. Это так называемый „постулат постоянства скорости света", который именно и приводит, как мы сейчас увидим, к первой теории Эйнштейна. Отрицательный результат опыта Майкельсона принимается за указание на то, что скорость света не зависит от движения тех приборов, тех систем, где производится измерение этой скорости, т.-е. не зависит от движения земли. Во многих статьях по принципу относительности прямо даже так и говорится: все опыты, произведенные до сих пор, согласно показывают, что скорость света не зависит от движения земли. На это можно было бы, пожалуй, не менее категорично ответить: таких опы-

---

[1]) Движущиеся тротуары существуют в некоторых городах в Америке, а также их устраивают на всевозможных международных выставках.

тов не производилось вовсе! Вспомним, в самом деле что в опыте Майкельсона можно было бы учесть, если бы не Лорентцово сокращение, лишь ничтожную долю влияния движения на скорость света; бо́льшая же часть этого влияния исключалась сама собой вследствие особенности самого метода: луч света каждое расстояние проходит дважды туда и назад, как об этом подробно было уже сказано, а при этом, как мы видели, опоздание почти уравновешивается упреждением на обратном пути. Но не будем спорить! Примем вместе с Эйнштейном его постулат и посмотрим, что из этого выходит. Повторим сейчас рассуждение с полетом галки и железнодорожным поездом, только пусть вместо летящей галки на этот раз у нас распространяется луч света. Пусть из фонаря S, находящегося в начале платформы AB (см. рис. 3), в момент $t = 0$, определяемый по часам, стоящим на платформе, выпускается световой сигнал. Через t_1



Фиг. 3.

секунд (или долей секунды) головная волна этого луча, двигаясь со скоростью c, пройдет путь $x_1 = ct_1$, отмеренный вдоль платформы AB. Пусть тот же луч наблюдают из поезда. Луч выходит из S в тот момент, когда там находится конец поезда. За время t_1 (отсчитанное по часам на платформе), пока свет проходит вдоль платформы путь x_1, поезд передвинется, и головная волна вышедшего из S луча окажется против окна C нашего поезда. По отношению к поезду луч прошел путь x'_1 — точь в точь, как в старом примере с галкой. Если часы в поезде будут итти с той же скоростью, что и на платформе, они будут показывать к тому моменту, когда головная волна покажется против окна C, то же самое число секунд t_1: наблюдатель в поезде получит меньшую скорость не c, а $c' = \frac{x'_1}{t_1}$, а, ведь, постулат Эйнштейна требует, чтобы движение поезда не отражалось на скорости света! Выход из этого противоречия был дан Эйнштейном. Так как скорость света для наблюдателя в поезде должна быть та же самая, часы в поезде должны

итти медленнее, и притом так, чтобы $\frac{v}{c}$ равнялось

-г1, т.-е. все процессы, по которым наблюдатель, находящийся в поезде, определяет время, в том числе и биения сердца самого наблюдателя, должны совершенно никому не понятным способом так измениться, чтобы секунды, минуты и часы стали длиннее!

Теперь вступает в свои права математик; ему поставили задачу: какое надо дать выражение для времени в движущейся с той или другой скоростью системе, для того, чтобы скорость света осталась независимой от скорости движения этой системы.

Математик дает ответ— задача допускает единственное решение: время в движущемся со скоростью v поезде должно выражаться следующей формулой:

(I)

где t — время для наблюдателя на платформе, а x — положение наблюдателя с часами в поезде, отсчитанное вдоль платформы. Но этого мало для того, чтобы скорость света была независимой от скорости наблюдателя: все размеры в поезде по направлению его движения должны уменьшиться; наблюдатель в поезде этого не заметит, потому что все его линейки,— раз он их повернет в сторону движения,— сами собой сократятся *). При чем это сокращение выразится аналогичной формулой:

I

$$(x - vt) \qquad (2)$$

Таким образом, для того, чтобы получить постоянство скорости света, необходимо допустить, что ход времени зависит от движения той системы, в которой производится измерение времени.

Чтобы отчетливее выяснить себе это, сравним показания часов в начале платформы A с показанием часов, находящихся в поезде в данный момент против той же части платформы A. В формуле (i) надо положить $x = o$, — тогда мы получаем

1) **Необходимо помнить, что изменение хода времени и сокращение линейных размеров очень мало, так как все скорости, с которыми мы оперируем, ничтожно малы по сравнению со скоростью света, и притом отношение ~ входит во второй степени.**

$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ (3). Пусть на платформе часы отбили секунду и, следовательно, $t = 1$, — тогда по (3) мы будем иметь $t' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ и, так как знаменатель меньше единицы, t' будет больше единицы, т.-е. часы в поезде будут отбивать секунды реже: время будет течь медленнее.

Необходимо, однако, все время помнить, что $\frac{v}{c}$ для встречающихся на практике движений очень малая величина, а потому изменение темпа времени практически для нас незаметно.

Далее можно указать, что из формул (1) и (2), как следствие, вытекает, что правило сложения скоростей должно измениться, и оно изменяется так, что ни при каких условиях равнодействующая скорость не может быть больше скорости света $C = 300.000$ километров в секунду, это — предел, переступить который абсолютно невозможно.

Далее оказывается, что всякая энергия должна иметь массу. Это, впрочем, выводится для электромагнитной энергии вполне понятным образом: масса энергии оказывается массой эфира [1]). Остановимся еще на одном парадоксе, о котором в свое время говорилось довольно много. Представим себе, что существуют в природе только две единственные маленькие планеты, и на каждой из них находятся люди. Пусть одна планета начинает удаляться от другой; если обитатели планет ничего другого не видят, кроме двух данных планет, то при условии равномерного и прямолинейного движения они не смогут решить, которая именно из планет движется и которая стоит неподвижно. Представим себе, что фактически одна из планет движется очень быстро, т.-е. со скоростью, близкой к скорости света. Обе планеты теряют друг друга из виду, но пусть потом, через несколько лет, во время сна ее обитателей (чтобы они ничего не заметили), планета поворачивает назад, и обе планеты вновь встречаются. Смогут ли обитатели этих планет решить вопрос (в обход принципу относительности), кто из них именно путешествовал?

Как будто и да. Ведь, время у двигавшихся шло медленнее,—

---

[1]) См., напр., А. Тимирязев: „Периодическая система элементов и современная физика—„Красная Новь“ № 1, июнь, стр. 169.

Этот сборник статья II, стр. 24.

следовательно, у них сердце билось медленнее, все биологические процессы шли медленнее: они состарились на меньшее число лет. И вот обе группы людей, увидав, что у одних седые волосы, у других нет, скажут: теперь мы знаем, кто из нас двигался и кто стоял на месте!

Надо, впрочем, сказать, что все это рассуждение, помимо фантастичности и неосуществимости, страдает еще тем, что нам приходится изменять направление движения на противоположное, за это время перемены—движение будет неравномерным, а весь принцип Эйнштейна,—по крайней мере, тот, о котором идет речь,—приложим только к равномерному и прямолинейному движению. Весьма любопытно, однако, что некоторые из самых ярых поклонников Эйнштейна находят другую слабую сторону в этом рассуждении, а именно, в утверждении, что все биологические процессы (биение сердца и проч.) должны измениться в согласии с изменившимся вследствие движения ходом времени. Это предположение, как они указывают [1]), равносильно утверждению, что процессы жизни сводятся к процессам движения, а это такой страшный материализм, которого многие из сторонников Эйнштейна переносить совершенно не могут! [2]).

Подводя итог тому, что мы сказали о „специальном" принципе Эйнштейна, поставим себе вопрос: является ли его принятие безусловно необходимым с точки зрения современной науки? На это можно ответить отрицательно: ведь, все факты, объясняемые этим принципом, объясняются столь же удачно теорией „неподвижного эфира" и сокращением размеров тел в направлении движения, как это показал Лорентц. Но выслушаем лучше, что говорит по этому поводу один из наиболее крупных теоретиков и сторонников принципа относительности М. Лауе: „Мало того, экспериментально было бы невозможно произвести выбор между этой теорией (теория Лорентца) и эйнштейновой теорией относительности, и, если, тем не менее, теория Лорентца отошла на задний план,—хотя она еще имеет сторонников среди физиков,—

---

1) См., напр. R. Lämmel, Die Grundlagen der Relativitätstheorie, Berlin, J. Springer, 1921, S. 85.

2) В Германии в настоящее время основалось общество „друзей позитивного идеализма", присуждающее премии за лучшие сочинения по принципу относительности. Одно название этого нового общества показывает, в какие нездоровые дебри может завести одностороннее увлечение этим, в значительной мере оторванным от фактической почвы самой науки, математическим принципом. Надо отдать справедливость, что из всех сторонников принципа относительности наиболее осторожным является сам Эйнштейн.

то это произошло, без сомнения, в силу оснований философского характера“ [1]).

Для физика этот аргумент не имеет принудительной силы: для него философия, не подтверждаемая опытом, — пустой звук.

Переходим теперь к обобщенному или всеобщему принципу относительности и к связи этого принципа с теорией всемирного тяготения. Казалось бы, что о применении принципа относительности, даже самого простого принципа Ньютона—Галилея, к неравномерному движению невозможно и говорить. Представьте себе, что происходит в вагоне, когда поезд при большой скорости делает поворот на закруглении или быстро затормозится: трудно бывает, стоя в вагоне, удержаться на ногах, багаж падает с сеток и т. д. По этим явлениям, происходящим внутри вагона, мы можем вынести заключение о характере движение поезда: мы можем, следовательно, воспринимать это движение безотносительно (Ньютон, к ужасу философа Маха, говорил в подобных случаях абсолютно!), т.-е. не сравнивая своего положения с внешними объектами, не принимающими участия в неравномерном движении. Посмотрим, как подошел к этой задаче Эйнштейн. Разберем один пример неосуществимый, фантастический, но в высшей мере поучительный, потому что он позволяет нам в наглядной форме представить себе ход мыслей Эйнштейна и притом в той их части, которая представляет едва ли не наибольшую ценность, независимо от того, какова будет дальнейшая участь всеобщего принципа относительности; с этого примера, между прочим, начинает и сам Эйнштейн свой специальный мемуар. Представим себе комнату — физическую лабораторию, устроенную в большом ящике, и пусть этот ящик со всем, что в нем находится, удален на очень большое расстояние от всех планет, солнца и звезд и вообще каких бы то ни было больших масс. В этой лаборатории не будет силы тяжести, и наблюдатели, находящиеся в ней, должны будут привязывать себя, чтобы при малейшем неосторожном движении, малейшем ударе ногами о пол не подлететь к потолку и не удариться головой. Впрочем, трудно будет даже сказать пол и потолок, так как при отсутствии силы тяжести понятия верх и низ теряют свой смысл. Теперь положим, что к ящику, в котором помещается комната,

---

[1]) М. Лауе. Принцип относительности. Новые идеи в математике. Сборн. № 5. Спб. Издательство „Образование“, 1914, стр. 34.

привязан канат, и через его посредство пусть вся комната приводится в ускоренное движение, положим, с ускорением, равным ускорению при свободном падении на поверхности земного шара. В комнате появятся силы инерции. Канат, тянущий комнату, через ее посредство будет тянуть все, что в ней находится, а эти предметы будут оказывать противодействие, будут давить на пол, т.-е. на сторону, противоположную той, к которой привязан канат. Здесь произойдет то же явление, которое мы можем наблюдать, подвесив к пружинным весам гирю и дернув весы кверху: противодействие приводимой в движение вверх гири вытянет пружину, и весы покажут бо́льший вес. Наблюдатели почувствуют, что их что-то прижимает к полу: они почувствуют возможность свободно ходить по полу; маятники в лаборатории будут качаться совсем так, как они качаются у нас на земле,— словом, все будет происходить так, как будто бы мы находились в каком-либо доме на земном шаре, а не в каком-то ящике, несущемся в пространстве вдали от солнца и планет...

Таким образом, наблюдатель, сидящий в этой замкнутой лаборатории и не видящий того, что происходит вокруг ящика, в котором его лаборатория находится, анализируя те явления, которые он видит в своей лаборатории, скажет: одно из двух,— или моя лаборатория движется с ускорением там, где нет силы тяжести, или она неподвижна, но зато она находится в поле силы тяжести, т.-е. где-то неподалеку находится большая материальная масса, притягивающая к себе все, что есть в лаборатории, в том числе и меня самого. Вот это и есть выраженный в грубой форме „принцип эквивалентности“ Эйнштейна, т.-е. принцип, устанавливающий глубокую аналогию между силами инерции, возбуждаемыми при неравномерном движении, и Ньютоновым тяготением.

Рассмотрим второй пример, также в достаточной мере неосуществимый, который поможет разобраться в дальнейшем ходе мыслей Эйнштейна. Пусть мы имеем больших размеров диск, на котором находится наблюдатель, часы и всевозможные физические инструменты. Положим, что диск этот вращается вокруг оси, проходящей через его центр наподобие каруселя. Что будет испытывать наблюдатель, находящийся на диске? Чем ближе он будет подходить к краю диска, тем большую центробежную силу он будет испытывать, и только, если он поместится у самой оси, сила эта исчезнет. Как истолкует наблюдатель, находящийся на диске, те явления, которые происходят перед его глазами? Одно из двух,—говорит Эйнштейн,—или он скажет (так скажет,

между нами говоря, любой физик-экспериментатор): диск, на котором я нахожусь, вращается, вследствие чего развивается сила инерции, называемая центробежной; или (если наблюдатель склонен более к философии, чем к физике) он скажет: может быть, диск и в самом деле вращается, а может быть, он и неподвижен, а все кругом него находящееся вращается в обратную сторону, при чем вследствие этого возбуждаются новые силы тяготения, действующие от центра диска к его краям. Правда, такого рода поля силы тяжести никто и нигде не видал и по Ньютоновой теории такое поле и невозможно, „но так как наблюдатель верит [1]) во всеобщую относительность, это ему не мешает; он надеется, и имеет к тому основание, что можно установить всеобщий закон тяготения, который не только правильно объяснит движения светил, но и наблюдаемое им поле сил“ [2]). Однако этим задача еще не решается. Если мы ограничимся только этими соображениями, то мы впадем в ряд противоречий, из которых нас может вывести только новое предположение—самое радикальное из всех предположений Эйнштейна. Посмотрим, что это за противоречия? Пусть в центре диска и где-нибудь на краю поставлены часы, и пусть их наблюдает кто-нибудь, находящийся вне диска; часы в центре диска медленно поворачиваются, их можно считать неподвижными; часы же, стоящие на краю диска большого диаметра, будут двигаться быстро, а при движении, как мы уже знаем, темп времени замедляется, — следовательно, в центре часы будут итти быстрее, а часы на окружности будут отставать. Расчет по эйнштейновой теории показывает, что и наблюдатель, сидящий в центре диска, по своему счету времени заметит то же самое; ведь, точки на оси вращения можно считать неподвижными, — следовательно, для наблюдателя, помещенного вблизи оси, будет тот же счет времени, что и для наблюдателя, сидящего вне диска. Совершенно ясно, что, если диск вертеться не будет, а будет вертеться все окружающее, часы будут итти согласно. Получается противоречие принципу относительности! Но и пространственные измерения на диске приводят также к противоречиям. Если мы измерим длину окружности диска, то при вращении она окажется менее длинной, так как каждый элемент окружности должен автоматически сократиться в направлении движения. А любой радиус, двигающийся перпендикулярно к своей

---

1) Курсив наш.

2) A. Einstein, Ueber die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie gemeinverständlich, Zwölfte Auflage (51—55 Tausend), 1921, S. 54.

длине, при вращении укорачиваться не будет. Поэтому длина окружности S станет меньше, а радиус останется прежним, известная теорема геометрии: длина окружности $S = 2\pi r$ на вращающемся диске не оправдается. Длина окружности, деленная на диаметр, не даст числа π!

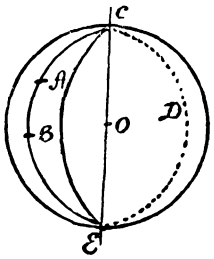
Это затруднение, казалось бы безвыходное, Эйнштейн разрешает самым решительным образом. Почему отношение окружности к диаметру всегда должно равняться числу π? Что за предрассудок? Число π должно получиться, если наше пространство — пространство Евклидовой геометрии. А почему мы уверены, что оно всегда остается Евклидовым? Может быть, когда вращаются большие массы или когда мы находимся в сильном поле тяготения, вблизи больших притягивающих масс, пространство перестает быть Евклидовым? Эйнштейн показал весьма остроумными математическими выкладками, что если отрешиться от Евклидовой геометрии и считать, что, если можно так выразиться, „евклидовость" нашего пространства в различных частях видимой нами вселенной искажается в различной степени, в зависимости от близости к тем или другим телам с большими массами, то можно так определить пространственные измерения и так определить время, что, во-первых, все противоречия исчезнут и, во-вторых, все законы природы будут выражаться одними и теми же математическими формулами, независимо от движения наблюдателя, который может двигаться как угодно неравномерно. Это и представляет собой почти вполне точную формулировку всеобщего принципа относительности Эйнштейна.

Постараемся теперь в немногих словах выяснить себе, что разумеется под словами Евклидова и не-Евклидова геометрия.

Представим себе существо с умственными способностями человека, но совершенно плоское, укладывающееся, скажем, на плоском листе бумаги, могущее перемещаться только в этой плоскости и не воспринимающее ничего, кроме того, что находится на этой плоскости.

Для такого существа будут существовать только два измерения, для него будет существовать только планиметрия, т.-е. геометрия на плоскости, и притом наша Евклидова; все теоремы планиметрии будут верны для нашего воображаемого существа, для него будут верны все следствия геометрических аксиом Евклида. Представим себе теперь поверхность шара и на ней подобные же существа двух измерений, изогнутые так, что они плотно прилегают к поверхности шара. Пусть они также спо-

собны воспринимать только то, что имеется на поверхности шара. Нетрудно показать, что в этом случае геометрия будет отличаться от Евклидовой. Во-первых, на поверхности шара нет прямых линий. Если мы будем определять прямую как кратчайшее расстояние между двумя точками, то для шара роль прямой будет играть так наз. геодезическая линия, т.-е. дуга большого круга или пересечение поверхности шара с плоскостью, проходящей через центр и две данные точки. По этой линии расположится растянутая резиновая полоска, приколотая к шару двумя булавками. Эти „геодезические" линии будут играть на шаре ту же роль, что и прямые на плоскости. Однако положение, что между двумя точками возможна только одна прямая, приложимо, с большими оговорками, к геодезическим линиям на шаре. Возьмем какие-либо точки, лежащие близко друг к другу на каком-либо меридиане шара. Тогда кратчайшим расстоянием между этими точками A и B (см. фиг. 4) по поверхности шара будет дуга меридиана AB. Но и $ACDEB$ будет также геодезической линией, соединяющей те же две точки, и в то же время это — не кратчайшее расстояние! Более того, представим себе две точки, взятые на полюсах C и E, тогда любая дуга любого меридиана, проходящего через полюсы, будет служить геодезической линией и будет служить кратчайшим расстоянием между этими двумя точками, считая по поверхности шара. Следовательно, для этого, правда, особенного положения двух точек между ними возможно провести бесчисленное множество геодезических линий, играющих ту же роль, какую прямые играют на плоскости. Мы видим, следовательно, насколько отличается геометрия на плоскости от геометрии на шаре; можно было бы указать еще на целый ряд отличий, но и приведенных данных, я думаю, достаточно [1]).



Фиг. 4.

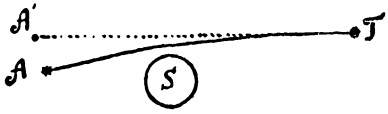
Как мы видели, в двух измерениях нетрудно себе представить такие условия, при которых Евклидова геометрия не выполняется. Для трех измерений мы этого себе наглядно представить не можем; тем не менее, мы можем мыслить, как это показал Лобачевский, такие логические построения, аналогичные геометрии, в которых основные положения, основные аксиомы отличаются

---

1) Не надо думать, что самый факт, что поверхность шара — кривая, играет особенную роль; если мы свернем лист бумаги в трубку или конус, получится кривая поверхность, но геометрия на этих поверхностях не будет заметно отличаться от геометрии на плоскости.

от аксиом Евклида. Эйнштейн считает, что подобные системы существуют реально!

Весьма любопытно, что из теории относительности вытекают некоторые следствия, которые можно подвергнуть опытной проверке. Во-первых, Эйнштейном было теоретически получено так наз. неравенство в движении планеты Меркурий; орбита Меркурия медленно поворачивается так, что ее большая ось не сохраняет постоянного направления; величина этого смещения весьма точно вычисляется на основании всеобщего принципа относительности. Далее, луч света должен отклоняться в поле силы тижести, поэтому звезда, видимая вблизи солнца во время полного солнечного затмения, нам кажется не на своем обычном месте A, а где-нибудь в A' (см. рис. 5), так как луч под действием силы тяжести искривляется; вблизи солнца особенно велики отступления от свойств Евклидова пространства, а вследствие особенности глаза мы видим источник света по тому направлению, по которому свет непосредственно входит в наш глаз. Наконец, вследствие значительных размеров силы тяжести на солнце все процессы должны там итти медленнее, почему и колебания электронов в атомах тех же самых, что и на земле, должны быть более медленными: все спектральные линии в спектре солнца должны быть смещены к красному концу, т.-е. в сторону более медленных колебаний. Этот последний результат еще не подтвердился, даже более того, есть веские данные, что поиски за этим эффектом положительных результатов не дали. По этому поводу Эйнштейн замечает: „Если смещения спектральных линий к красному концу спектра, обусловленного потенциалом силы тяжести, не окажется, общая теория относительности падает. С другой стороны, изучение смещения спектральных линий,— если только будет доказано, что оно обусловлено потенциалом силы тяжести, — дает возможность вывести важные заключения о массах небесных тел“ [1]). Почему же Эйнштейн не говорит, что если искомый результат подтвердится, теория будет окончательно доказана? По той простой причине, что все только что указанные предсказания теории относительности объясняются, и притом довольно просто, другими путями [2]), не прибегая к отказу от Евклидовой геометрии, изменению скорости течения времени и



Фиг. 5.

[1]) A. Einstein, l. c., S. 91.
[2]) См. ряд статей в „Physikalische Zeitschrift“, 1920 и 1921 годы.

т. д., и, что всего интереснее, в этих объяснениях приходится прибегать к эфиру, для которого в принципе относительности нет места и нет места потому, что постулат постоянства скорости света сразу устраняет возможность вопроса о движении по отношению к эфиру. Итак, объяснить известные нам факты можно и без принципа относительности как специального, так и всеобщего. На это обыкновенно возражают, что хотя это и верно, то-есть, что принцип относительности не единственное объяснение, но зато он, с философской точки зрения, более нас удовлетворяет, как нечто более стройное. Во всяком случае, прямых фактических данных, которые заставили бы нас отказаться от Евклидовой геометрии, которые заставили бы нас признать, что от движения каким-то непонятным образом изменяется ход часов, у нас пока нет. Словом, у нас нет пока того стимула, который заставил бы нас изменить привычный нам ход мыслей, хотя подобного рода стимулы и появлялись, как показывает история науки. Возьмем хотя бы следующий пример. Когда-то считалось логически нелепым предположение, что люди в противоположном полушарии ходят по отношению к нам вверх ногами, и тем не менее факты, установившие шарообразную форму земли, заставили наши умственные способности приспособиться к этим новым фактам, с которыми волей-неволей пришлось столкнуться. В области же принципа относительности, по крайней мере до сих пор, мы еще не имеем таких фактов, которые бы заставили нас принять смелые предположения Эйнштейна, и мы можем в применении ко всеобщему принципу относительности повторить слова Пуанкаре, сказанные им по поводу „специального“ принципа Эйнштейна,— слова, которые тем более заслуживают внимания что Пуанкаре был сторонником этого принципа: „В настоящее время некоторые физики желают усвоить новое условное соглашение. Это не значит, что они вынуждены к этому; они считают новое соглашение более удобным,—вот и все. А те, кто не придерживаются их мнения и не желают отказаться от своих старых привычек, могут с правом сохранить старое соглашение. Между нами говоря, я думаю, что они еще долго будут поступать таким образом“ [1]).

Что же сказать в заключение? Несомненно, что блестящая математическая работа, выполненная Эйнштейном, сыграет свою

---

[1]) А. Пуанкаре. Пространство и время. Новые идеи в математике. Сборник № 2. Пространство и время. СПБ., издат. „Образование“. 1913 г.

роль, и установленный им „принцип эквивалентности“ сил инерции и тяготения представляет крайне интересную попытку зайти в еще неразгаданную область всемирного тяготения.

Но несомненно также, что область, к которой приложим принцип Эйнштейна, гораздо более ограничена, как на это справедливо указывает Ленар [1]). Не можем же мы в самом деле применять, как это делает сам Эйнштейн, его принцип к следующему простому и понятному случаю: железнодорожный поезд, шедший полным ходом, так быстро затормозился, что все в нем попадало со своих мест, чемоданы и корзины вылетели из сеток, и при этом произошли значительные разрушения. По Эйнштейну, это явление можно объяснить и так: поезд не двигался, двигалась ему навстречу земля и все на ней находящееся, и все это внезапно затормозилось, в результате чего появилось новое поле силы тяжести, которое и произвело разрушение в покоившемся поезде [2]). Но почему же, вполне законно спрашивает Ленар, разрушение произошло в поезде, когда затормозилась земля и все, что на ней находится? Вот тут-то мы и вступаем на нездоровую почву [3]) так называемых „умственных экспериментов“,

---

[1]) P. Lenard. Uber Relativitätsprincip, Aether, Gravitation. Hirzel, Leipzig. 1920 и новое дополненное издание 1921 г.

[2]) A. Einstein, l. c., S. 48.

[3]) Насколько нездорова эта область, лучше всего покажут подлинные слова речи Эйнштейна, произнесенной 27 января 1921 года в берлинской академии наук (Sitzungsberichte der Preussischen Akademie, V, S. 124, 1921) на тему „Геометрия и опыт“. Вот эти слова: „Как же это возможно, что математика, представляющая независимый от какого бы то ни было опыта продукт человеческого мышления, так хорошо приложима к объектам действительности? Не в состоянии ли человеческий разум без опыта одним лишь мышлением обосновать свойства действительно существующих вещей? На это, по моему мнению, можно коротко ответить следующим образом: поскольку математические законы относятся к действительности, они не достоверны (sicher), и поскольку они достоверны (sicher), они не имеют отношения к действительности“ — и несколько далее, говоря об аксиомах математики в том виде, как они формулируются теперь, он говорит: „Эти аксиомы представляют свободные создания человеческого духа“. Насколько это изолирование законов мышления от всякого опыта, от воздействия того, что существует вокруг нас и под влиянием чего развивается человеческий организм с его мыслительными способностями, далеко от той „стихийно-материалистической“, по выражению тов. Н. Ленина (Н. Ленин, Материализм и эмпириокритизм, Госиздат, 1920, стр. 281), точки зрения, на которой стоял на-ряду с большинством естествоиспытателей один из величайших физиков Лудвиг Больцман, лучше всего покажет сравнение только что приведенных слов Эйнштейна со следующими словами Больцмана: „Мы можем,

т.-е. таких предположений, которые неосуществимы: ведь, не можем же мы, остановив поезд, заставить вертеться земной шар и потом его затормозить, и посмотреть, что из этого получится! „умственные эксперименты“ хороши для иллюстрации хода мыслей в сложных вопросах, но беда, когда на них основываются, как на реальных опытах! Тогда мы неизбежно вступаем в область, где все забронировано от опыта, и, лишившись своей верной опоры, физик неминуемо должен скатиться в область идеалистической философии, т.-е. туда, где ему прежде всего придется расстаться со всей своей наукой!

что благодаря длившемуся несметные века опыту нашей расы, для неделимого они являются уже прирожденными. Но логический промах Канта заключается в том, что он из этого сделал вывод об их непогрешимости во всех случаях их применения.

С точки зрения дарвиновой теории этот промах легко объясним. Только то, что вполне верно, вполне надежно наследуется. Что неверно, ненадежно — отбрасывается. Таким образом эти законы мышления приобрели теперь такую кажущуюся непогрешимость, что представилось возможным самый опыт привлекать к их суду. А так как их признали априористическими, то отсюда явилось и представление, что все априористическое непогрешимо, совершенно. Точно так же прежде думали, что наш глаз, наше ухо совершенны, потому что они, действительно, достигли изумительного совершенства. Но теперь мы знаем, что это была ошибка, что совершенство это неполное.

Точно так же я готов оспаривать полное совершенство наших законов мышления. Наоборот, эти законы мышления до того вошли в наши неизменные привычки, что они бьют далее цели и не выпускают нас из своей власти и тогда, когда для их применения уже нет более места. Над ними оправдывается то, что наблюдается со всякой унаследованной привычкой“ (L. Boltzmann, Populäre Schriften, Leipzig Barth, 1905, S. 398. Русский сокращ. перевод. К. Тимирязев: Наука и Демократия: „Антиметафизик“, стр. 309 и 310; вслед за приведенной выпиской в оригинале и сокращенном переводе приводится ряд конкретных примеров, подтверждающих высказанное положение).

IV.

Внутриатомная энергия [1]).

Если мы сравним состояние естественных наук в начале XX столетия с тем, что было сто лет тому назад, нас поразит на первый взгляд почти необъяснимое противоречие между блестящими—почти сказочными—успехами самой науки и тем разочарованием, тем недоверием к ней, которое стало развиваться особенно сильно с конца XIX века в широких кругах образованных людей на всем земном шаре.

Более чем сто лет тому назад французский математик Лаплас—один из величайших умов своего века—достигший небывалых успехов в применении математики к изучению движения планет, с юношеским задором и увлечением говорил: „Ум, который в данный момент знал бы все силы, действующие в природе, который знал бы взаимные расположения частей, из которых построен мир, и который мог бы обработать эти данные математическим анализом, был бы в состоянии одной и той же формулой охватить движения величайших мировых тел и самого легкого атома: его взору предстало бы сразу и прошлое, и будущее!“ В этих словах видна уверенность человека, преодолевшего громадные трудности, видна уверенность в том, что, когда будет во всех деталях изучен механизм любого сложного явления, нам удастся путем математического расчета узнать, что будет и что было, подобно тому, как астроном с громадной точностью может предсказать на сколько угодно веков вперед, когда будет затмение солнца или луны, или рассчитать с не меньшей точностью, когда и где были затмения в очень отдаленном от нас прошлом.

Эта бодрая уверенность в своих силах великого ученого

---

[1]) Публичная лекция, прочитанная в Научно-Техническом Клубе 15 февраля 1922 г. и повторенная в клубе Коммунистического Университета имени Я. М. Свердлова 7 апреля 1922 г.

подхватывалась тогда, можно сказать, на-лету всеми мыслящими людьми того времени. Старый буржуазно-капиталистический мир, который на наших глазах трещит и расползается, переживал тогда пору цветущей юности: он спокойно мог заглядывать в будущее: оно было ему не страшно, а потому и убежденный голос ученого, уверенного в грядущих победах науки, был близок и понятен.

Как мало походит эта картина на то, что происходит теперь и происходило в сравнительно недавнем прошлом на наших глазах. Наука достигла таких успехов, которые превзошли самые смелые ожидания; реальной основы для уверенности в будущих успехах сейчас гораздо больше, чем во времена Лапласа и, в то же время, как часто мы видим попытки изобразить новые успехи науки, как ее крушение, как ее банкротство, как признак ее растущей слабости,—и эти явления наблюдаются уже не один десяток лет. Надвигающаяся социальная революция заставила тех, кто ее предвидел, и кто никак не может с ней примириться, повернуть назад: им не по пути с наукой, которая не может остановиться, которая вынуждена итти вперед, так как иначе она перестанет быть наукой. Тому, кто зашел в тупик, из которого нет выхода, хочется думать, что все и везде зашло в тупик. Этим и только этим можно объяснить себе радостные крики о мнимом банкротстве науки, которые в начале XX столетия стали раздаваться все громче и громче, несмотря на то, что наука идет от победы к победе.

Вот мысли, которые невольно приходят на ум, когда вспоминаешь, с каким злорадством, с каким глумлением над наукой было встречено открытие радиоактивных явлений, детальное изучение которых привело к открытию внутриатомной энергии, т.-е. как раз к тому, что составляет тему нашей сегодняшней беседы.

Замечательное открытие радиоактивных процессов старались изобразить как крушение двух основных законов, на которых покоится современное естествознание: закона сохранения вещества и закона сохранения энергии. Ученые утверждали, говорилось тогда, — лет двадцать тому назад, — что вещество-материя не уничтожается и не созидается, а вот из радия и других похожих на него тел беспрерывно вылетают материальные частицы, а вес радия от того не убывает! Ученые утверждали также, что энергия не уничтожается и не созидается,—и вот тот же радий выделяет непрерывно энергию в форме тепла, при чем источник этот не иссякает!

В популярно-научных книжках, в газетах и так называемых толстых журналах с нескрываемым злорадством заговорили, что всю науку надо создавать сызнова, а может быть, и вообще ее нельзя будет создать, что мы вообще ничего не можем знать и т. д.

Надо отдать справедливость специалистам ученым—они, нисколько не смущаясь этими досужими философствованиями, продолжали заниматься делом, и за 20—25 лет упорного, тяжелого труда им удалось создать новую главу физики—учение о строении атома.

Впервые о радиоактивных явлениях ученый мир узнал из доклада Анри Беккереля (теперь уже умершего),—доклада, который им был прочитан на заседании парижской академии 24 февраля 1896 года.

История этого исследования такова. Всего за несколько месяцев перед тем Рентген открыл новые лучи, носящие и по сей день его имя. Эти лучи получались из стеклянных трубок, наполненных разреженным газом при пропускании через них электрического тока. При действии такой трубки, т.-е. при прохождении электрического тока через нее, стекло самой трубки светится зеленовато-желтым светом. С этим характерным свечением тесно связывали появление невидимых глазу лучей Рентгена, действующих на фотографическую пластинку. С другой стороны, это видимое свечение стекла напоминало т.-н. фосфоресценцию некоторых солей урана, т.-е. способность этих солей испускать свет и притом также зеленовато-желтой окраски под влиянием лучей света того или другого источника.

Беккерель решил попробовать, не будут ли фосфоресцирующие соли урана испускать лучи, похожие на лучи Рентгена. Он завернул в черную, непроницаемую для видимого света бумагу фотографическую пластинку (лучи Рентгена действуют на фотографическую пластинку так же, как и видимые лучи) и положил на нее препарат урановой соли, которая была освещена лучами солнца.

Через несколько часов на пластинке появилось, после проявления, темное пятно как раз в том месте, где лежал препарат урановой соли. Дальнейшие опыты показали, что свечение урановой соли тут не при чем. Существует ряд солей того же урана, которые не фосфоресцируют, и, тем не менее, они давали на фотографической пластинке ясный отпечаток, и притом независимо от того, освещались ли эти соли светом или нет. Наконец, был получен отпечаток на пластинке, вызванный препаратом, пролежавшим несколько лет в темноте, да и самый опыт был произведен в

темной комнате. Далее было установлено, что кроме урана существует целый ряд веществ, обладающих тем же свойством, при чем некоторые среди них—как, например, радий—обладают этим свойством вызывать почернение фотографической пластинки в гораздо более сильной степени, чем уран. Таким образом были открыты так называемые радиоактивные вещества.

Очень скоро, однако, выяснилось, что действие радиоактивных тел на фотографическую пластинку гораздо сложнее, чем это по началу думал Беккерель. Если поместить небольшое количество соли радия R (см. рис. 1) в углублении, сделанном в куске свинца Q, задерживающего излучения радия, то на завернутой в черную бумагу фотографической пластинке P, помещенной над углублением, получается маленький след в γ как раз против углубления.

Если, однако, пучок лучей радия пропустить между двумя металлическими пластинами—S и T, соединенными сполюсами электрической машины, то на фотографической пластинке вместо одного пятна—γ получается три: α, β и γ. Одно—γ—остается на прежнем месте, другое—β—смещено в сторону положительно заряженной пластинки S и, наконец, третье смещено в противоположную сторону α, но смещено значительно меньше, чем пятно β. Это явление объяснили так: радий испускает три рода лучей—их назвали тремя первыми буквами греческого алфавита α, β и γ, при чем по существу одни только γ-лучи заслуживают названия лучей,—это лучи Рентгена. Таким образом, как мы видим, поиски Анри Беккереля были не напрасны. Что касается α-и β-лучей, то это не лучи, а потоки заряженных электричеством частиц, при чем α-частицы заряжены положительным электричеством, оттого они и притягиваются отрицательно заряженной пластинкой T (см. рис. 1). Частицы β заряжены противоположным электричеством, поэтому они отклоняются в противоположную сторону, а кроме того, так как они примерно в восемь тысяч раз легче α-частиц, они отклоняются значительно сильнее. Эти β-частицы представляют собой так называемые электроны, которые входят в состав любого атома любого вещества. Они сами по себе представляют громадный интерес, но в интересующем нас сейчас вопросе они играют значительно меньшую роль, чем частицы α.

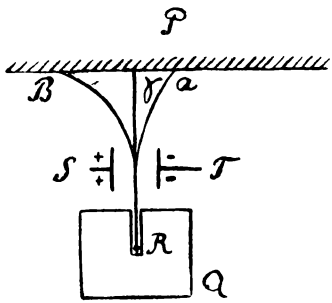
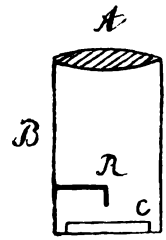


Рис. 1.

В 1903 году знаменитый химик сэр Вильям Крукс сделал

открытие, позволившее наглядно доказать частичную природу α-лучей, т.-е. показать, что это—поток отдельных частиц. Крукс построил следующий прибор (см. рис. 2, I). В трубке B на небольшой игле *R*, смазанной клеем, прикрепляется еле видимая глазу крупинка радиевой соли. Недалеко от кончика иглы на дне трубки помещается пластинка C, покрытая слоем сернистого цинка; в противоположный конец трубки вставлено увеличительное стекло A. Если теперь в хорошо затемненной комнате мы будем рассматривать экран сернистого цинка, лежащий на дне трубки, то мы увидим все поле зрения усеянным вспыхивающими и сейчас же гаснущими искрами (рис. 2, II). Каждая искра есть результат удара одной α-частицы. Крукс назвал этот новый прибор по установившейся в науке привычке греческой кличкой: „спинтарископ", что значит наблюдающий искры.



I

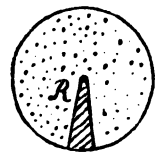


Рис. 2.

Мы можем с уверенностью говорить—и сейчас мы увидим, какие у нас к тому основания,—что каждая вспышка есть результат удара отдельного атома, так как оказалось, что α-частица есть заряженный положительным электричеством атом гелия, одного из так наз. благородных газов. По этому поводу на первых же порах после открытия Крукса посыпались возражения: как может невидимый глазу атом вызывать вспышку легко видимую—и даже не в микроскоп, а в обыкновенную лупу?

Это сомнение Крукс разъяснил очень простым и красивым сравнением. Если вы бросите, говорил он, в пруд маленький камень, то в том случае, когда камень попадает в воду далеко от вас, вы его перестанете различать глазом, и в то же время вы ясно увидите те круги, которые расходятся по воде. Благодаря огромным скоростям, с которыми двигаются α-частицы, они вызывают сильное возмущение на большом протяжении вокруг места удара, и поэтому светлое пятно, сопровождающее это возмущение, может иметь значительные размеры.

Остановим теперь на время наше внимание на том, каким образом было доказано, что α-частицы представляют собой атомы гелия. В том же 1903 году, когда Крукс построил свой спинтарископ, спустя несколько месяцев, Рамзи и Содди показали, что радий выделяет из себя, кроме тяжелого газа, называемого эманацией радия, еще и легкий газ—гелий, атомы которого только в 4 раза тяжелее самого легкого из атомов—атома водорода.

Эманация обладает также радиоактивными свойствами, как и радий и уран: из нее выстреливаются α-частицы, которые можно наблюдать при помощи спинтарископа. Эта эманация выделяет, в свою очередь, гелий. Если наполнить чистую запаянную стеклянную трубочку эманацией, то через некоторое время там оказывается гелий.

Все это дало повод Содди сделать предположение, что атом радия разрывается на две части: α-частицу и атом тяжелого газа, названного эманацией радия; в свою очередь, атомы эманации, взрываясь, дают по одной α-частице и по одному атому вещества, названного радием А [1]).

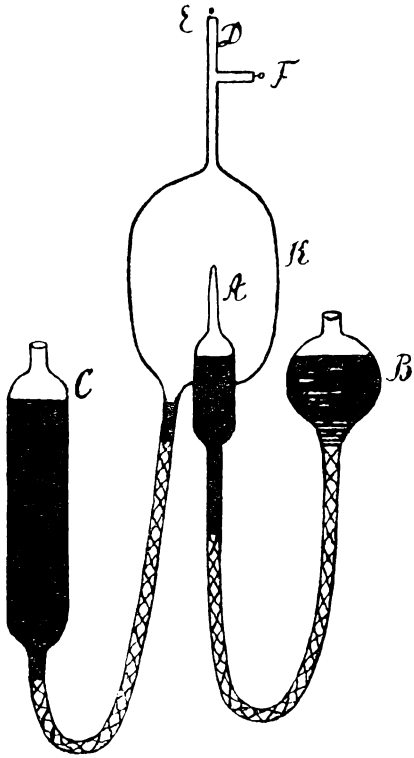


Рис. 3.

Что касается α-частиц, то невольно напрашивается мысль, не тождественны ли эти частицы с атомами гелия? Ведь, все радиоактивные вещества, выделяющие α-частицы, присутствие которых можно установить с помощью спинтарископа, выделяет и гелий. Тем наука и сильна, что каждое предположение, каждая смелая догадка сейчас же подвергается самой строгой и всесторонней проверке. Рассмотрим четыре независимых друг от друга доказательства того, что α-частица и атом гелия—одно и то же.

Начнем с опытов, проделанных Рутерфордом и Ройдсом. В тонкую стеклянную трубку A (см. рис. 3) со стенками толщиною в $^1/_{100}$ миллиметра вводят небольшое количество эманации радия. Стенки трубки настолько тонки, что сквозь них могут проходить α-частицы; по крайней мере, прикладывая снаружи к наполненной эманацией трубке А пластинку, покрытую сернистым цинком, можно без труда заметить на ней вспышки, как и в круксовом спинтарископе.

---

[1]) Впоследствии был установлен длинный ряд последовательных превращений радия. В настоящее время установлено, что конечный продукт в этом ряде—обыкновенный свинец.

Трубка *A* впаяна в сосуд *K*, из которого выкачан воздух. Через несколько дней сосуд *K* заполняется ртутью; для этого поднимают сосуд с ртутью *C*, и содержимое сосуда *K* вгоняется в маленькую трубочку *EDF*. При пропускании электрического разряда через *EDF* можно было обнаружить спектр газа гелия. Таким образом в сосуде *K*, куда сквозь тонкую стеклянную стенку проникали α-частицы, оказывался гелий, которого раньше там не было. Но можно возразить: может быть, гелий проходит через стекло независимо от α-частиц, или, может быть, α-частицы пробивают стекло, а вслед за ними уже проходит гелий? Чтобы устранить эти возражения, Рутерфорд и Ройдс удаляли из трубки *A* эманацию и накачивали в нее под повышенным давлением гелий. Результат получился отрицательный: никаких следов гелия нельзя было обнаружить в сосуде *K* или в трубке *EDF*.

Переходим ко второму доказательству. Уже значительно раньше, чем были открыты радиоактивные вещества, были известны способы, правда, довольно сложные, которые позволяли измерять число атомов, заключающихся в кубическом сантиметре любого газа. Эти разнообразные приемы, представляющие собой сочетание непосредственных измерений с математическими расчетами, дают для числа атомов в кубическом сантиметре при нуле градусов и нормальном давлении атмосферы число, которое трудно себе наглядно представить, именно: двадцать семь с лишним триллионов! или 27.200.000.000.000.000.000. Хотя курс нашего советского рубля и приучил нас к операциям с большими числами, но с такого рода числами нам все-таки не приходится иметь дело! Всякий, кто сам не работал в этой области науки, готов подумать, что приведенная нами цифра фантастична,—так думали и некоторые из ученых, хотя в защиту этих расчетов можно привести хотя бы и то соображение, что очень близкие к указанному числа получаются совершенно независимыми друг от друга путями, и число таких независимых друг от друга путей в настоящее время уже более десяти. Как бы то ни было, Круксов спинтарископ позволяет непосредственным подсчетом проверить все эти выкладки. В самом деле, подсчитаем число искр, получающихся из очень малого, но известного нам по весу, количества радия за какой-либо определенный промежуток времени, скажем 5—10 минут; тогда нетрудно рассчитать, сколько выделится α-частиц в год любым количеством радия. С другой стороны, соберем из определенного количества радия выделившийся за год гелий и смерим его объем. Путем деления числа частиц на полученный объем мы узнаем, сколько α-частиц—или

атомов гелия—приходится на один кубический сантиметр. Оказывается, что это число очень близко к 27.200.000.000.000.000.000! Таким образом мы имеем замечательное подтверждение атомной теории и, кроме того, еще лишний довод, что α-частица и атом гелия—одно и то же.

Переходим к третьему способу проверки. Радиоактивные вещества получаются нами в ничтожных количествах. Для изучения их, по мысли недавно умершего химика Рамзи, были построены специальные „микровесы", на которых с большой точностью можно взвешивать ничтожно малые количества вещества. Таким образом удалось установить, что эманация радия имеет атомный вес 222, тогда как сам радий имеет атомный вес 226. Разница равна 4, т.-е. как раз равна атомному весу гелия. На опыте было установлено, что радий превращается в эманацию и гелий. Непосредственное измерение атомных весов подтверждает как нельзя лучше сделанное предположение о том, что атом радия разрывается на две части, которые представляют собой атом гелия и атом эманации.

Кроме того, на этих весах можно было наблюдать уменьшение веса радия, сопровождающее выделение гелия и эманации, потеря в весе оказалась равной весу выделенной эманации и гелия. Таким образом никакого противоречия с законом сохранения вещества не оказалось. Эти непосредственные измерения убыли веса, вместе с целым рядом более косвенных данных, показали, что радий распадается очень медленно, что от одного грамма его через 1.850 лет останется еще полграмма. Немудрено, что при таком медленном разложении на первых порах совсем не заметили потерю в весе, и что удалось эту потерю заметить только тогда, когда были построены специальные весы.

Наконец, переходим к четвертому доказательству тождества α-частицы и атома гелия. Мы уже видели, как подсчитываются α-частицы. Если мы это число знаем, то можно измерить их электрический заряд, заставляя падать на металлическую пластинку, соединенную с электрометром, поток α-частиц, в котором число их было уже ранее подсчитано методом спинтарископа. Если мы таким образом выяснили величину положительного заряда α-частицы, то, измеряя отклонения потока α-частиц, вызванные электрическим полем (см. рис. 1) и производя аналогичный опыт с отклонением потока при помощи электромагнита, можно измерить массу частицы и ее скорость. Что отклонение α-частицы должно зависеть от массы, следует из того, что, имея в распоряжении определенную силу, мы сможем вызвать значительно бо̀льшее

отклонение у малой массы, чем у большой. Так, например, если мы ударим крокетным молотком под прямым углом к направлению скорости катящегося шара, то мы добьемся несравненно большего успеха в том случае, когда перед нами будет катиться деревянный крокетный шар, чем таких же размеров старинное чугунное пушечное ядро.

Далее отклонение будет зависеть также от скорости движения. При большой скорости даже значительная сила не успеет подействовать: движущийся снаряд будет находиться в поле действия ее очень незначительный промежуток времени.

Теория показывает, что, сделав оба опыта, т.-е. измерив отклонения электрическим и магнитным полем, мы можем найти как массу, так и скорость α-частиц. Для этого, однако, необходимо знать величину заряда, так как чем больше заряд, тем больше отклоняющее действие электрического и магнитного поля, но эту третью неизвестную, как уже было указано, нетрудно определить независимым образом, измеряя заряд известного числа частиц. Произведенные Рутерфордом опыты с отклонением α-частиц подтвердили прежние предположения: масса α-частиц оказалась равной массе атома гелия. Таким образом четырьмя независимыми друг от друга способами доказывается тождество α-частиц и атомов гелия. Мы остановились на изложении этих опытов для того, чтобы показать, как тщательно проверяются в современной науке все предположения и догадки, прежде, чем их, так сказать, пускают в дело. Последний способ определения массы α-частицы интересен тем, что мы попутно измеряем скорость, с которой движутся α-частицы. Эта скорость оказалась громадной—около 20.000 верст в секунду.

Чтобы заставить двигаться с такой громадной скоростью хотя бы и один атом, требуется затрата энергии. Частица с этой громадной скоростью вылетает из атома радия,—значит, в нем был запас энергии, достаточной для сообщения этой скорости; в нем должна была заключаться вся та энергия, которая проявилась в летящем атоме, вызывающем при ударе о сернистый цинк видимую глазу вспышку, подобно тому как в том взрывчатом веществе, которое находится в заряженном орудии, сосредоточена энергия, которую проявляет вылетевший снаряд.

Мы подходим, таким образом, вплотную к вопросу о внутриатомной энергии, мы можем даже подсчитать ее. В самом деле, мы видели, как подсчитывается число атомов гелия, выделяющихся из данного весового количества радия, мы знаем массу этих частиц и, наконец, знаем скорость, а этих данных вполне доста-

точно, чтобы определить общее количество энергии, проявляющееся в этих летящих осколках атомов радиоактивных веществ; так же как, зная скорость и массу, мы определим энергию каждого летящего снаряда, а зная число снарядов, узнаем и общую переносимую ими энергию. На следующей таблице приведем данные для радия и его ближайших продуктов распада, при чем энергия α-частиц выражена в калориях. На той же таблице приведены количества энергии, выделяемые β-и γ-лучами, но мы видим, что их энергия составляет всего 8% общего количества, а потому мы можем в первом приближении с ней не считаться.

Табл. I.

Количество энергии, выделяемое радием в час, рассчитанное на 1 грамм радия и выраженное в калориях (малых).

	α	β	γ	Всего.
Радий.	25,1	—	—	25,1
Эманация. . . .	28,6	—	—	28,6
Радий А	30,5	—	—	30,5
Радий В . . . . } Радий С . . . . }	39,4	4,3	6,5	50,2
Всего	123,6	4,3	6,5	134,4

На-ряду с этим расчетом можно энергию α-частиц (а также и β-частиц и γ-лучей) измерить непосредственно и притом прямо в калориях. Если мы поместим препарат радия в свинцовую оболочку, то эта оболочка задержит летящие частицы—их энергия перейдет в тепло, подобно тому, как энергия ударов молота превращается в тепло, когда мы ударяем молотом по железной полосе. На рис. 4 изображен прибор, в котором производится измерение выделяемого радием тепла. Препарат радия, завернутый в свинец [1]), опускается в трубочку R внутри колбы A. Выделяющееся тепло согревает воздух колбы A и вытесняет жидкость в манометре из колена C_1 в C_2, тогда в трубку W вводят проволоку, по которой пропускают электрический ток, силу его подбирают так, чтобы уровни в манометре C_1 и C_2 выравнялись. В этом случае количество тепла, выделяемое током, которое легко подсчитывается по силе тока и сопротивлению проволоки, должно равняться теплу, выделяемому радием. Проделанные несколько раз тщательные измерения показали, что на один грамм радия

[1]) Подбирая надлежащим образом толщину свинцовой оболочки, можно добиться того, что поглощаться будут одни только α-частицы, тогда нагревание будет зависеть только от них. Если же взять оболочку потолще, то можно поглотить и β-частицы и, наконец, и γ-лучи, и таким образом измерить выделяемое ими тепло.

(при поглощении лучей всех трех типов) в час приходится 134 малых калории. Таким образом опыт блестящим образом подтвердил приведенные в табл. I расчеты. Для того, чтобы нагляднее представить себе количество энергии, выделяемое одним граммом радия в час, вспомним, что для нагревания одного кубического сантиметра воды, т.-е. количества, свободно помещающегося в наперстке, от нуля градусов, т.-е. от температуры замерзания, до температуры кипения требуется 100 малых калорий, т.-е. на 30% меньше, чем радий дает в час. Итак, мы можем сказать, что в один час грамм радия выделяет тепла приблизи-

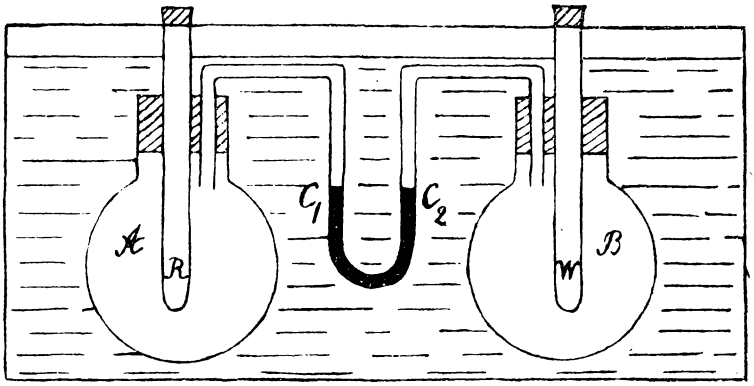


Рис. 4.

тельно столько, сколько его требуется, чтобы вскипятить наперсток ледяной воды.

Сколько может выделить всего энергии один грамм радия? Мы уже видели, как медленно разлагается радий: через 1.850 лет остается половина. Таким образом, если мы имеем 1 грамм, который выделяет 134 калории в час, то через 1.850 лет радия останется $^1/_2$ грамма, и в час он будет выделять 67 калорий. Отсюда нетрудно рассчитать, сколько всего выделит радий, прежде чем он не превратится нацело в свинец и гелий. Для одного грамма это выходит 3.700.000.000 малых калорий или 3.700.000 больших. Один грамм бакинской нефти при сгорании дает 11 больших калорий. Отсюда видно, насколько запасы внутриатомной энергии превосходят известные нам запасы, заключенные даже в лучших видах топлива.

Но вся беда в том, что, во-первых, радия очень мало и его нелегко добывать, а, во-вторых, его энергия, как мы видели, выделяется очень медленно: хуже чем в час по столовой ложке! До сих пор физикам не удалось ускорить этого процесса. Радий

пробовали нагревать до нескольких тысяч градусов, охлаждать до 200 градусов мороза, подвергали действию громадных давлений... ничего не помогает! А между тем простой расчет показывает, что, если бы израсходовать эти 3.700.000 больших калорий не в несколько тысяч лет, а в две недели, то запаса энергии, находящегося в одном грамме радия, занимающего объем мелкой горошины, хватило бы на непрерывную работу двигателя в 5 лошадиных сил на две недели! Не правда ли, заманчивая картина? И притом в этой картине пока фантастичен только быстрый расход энергии, количество же энергии и самый факт ее существования в атомах радия—прочно установлены. Может быть, конечно, мы в подсчете ошибаемся на десяток процентов в ту или другую сторону, но это ведь совсем не изменяет дела.

Сделанный нами подсчет показывает кроме того, что количество энергии, заключенной в атомах, огромно, но не безгранично и что не было никакого смысла кричать о противоречиях с законом сохранения энергии.

Обратимся теперь к дальнейшим работам Рутерфорда и его учеников. Эти работы привели к искусственному разложению атомов нерадиоактивных тел и к выделению из них внутриатомной энергии. Начиная с 1908 года в лаборатории Рутерфорда были поставлены исследования, выясняющие, как α-частицы проходят сквозь тонкие слои материи того или другого вида. Прежде всего α-частицы, летевшие параллельным пучком, после прохождения через тонкий слой материи—например, прокатанный листок металла—рассеиваются в разные стороны. Искры на поставленном на их пути экране сернистого цинка оказываются рассеяными на значительном пространстве, вместо прежнего резко ограниченного пятна. Это объясняется тем, что, пролетая вблизи ядра какого-либо из атомов, заряженного положительным электричеством, α-частица, заряженная также положительным электричеством, претерпевает сильное отталкивание. Степень рассеяния, наблюдаемая в прошедшем через слой металла пучке, зависит от величины зарядов, находящихся в ядре атома. Поэтому, изучая распределение частиц в прошедшем через определенный слой металла пучке, можно вывести важные заключения о заряде ядра атома. Таким образом было установлено, что чем тяжелее атом, тем больше заряд его ядра, который нейтрализуется отрицательными зарядами электронов, вращающихся вокруг ядра наподобие планет, движущихся вокруг солнца. Отклоняются α-частицы по преимуществу только ядрами атомов, так как ядра обладают для элементов с атомным весом более 4 массой большей,

чем α-частицы. Электроны же очень легки, они сами смещаются при прохождении α-частицы, заметно не влияя на ее путь. Но нас сейчас интересует не эта сторона дела; наблюдая искры, можно показать, что прошедший пучок α-частиц будет не только расходящимся, но и не все частицы пройдут насквозь: часть будет отброшена назад, т.-е. мы заметим искры, если поставим экран спереди, с той стороны, где пучок частиц входит в поставленную на его пути пластинку. Что же это значит? Это значит, когда атом гелия налетает в упор на самый центр атома, на его ядро, то при этом он отбрасывается назад. Число таких случаев очень невелико, и это показывает, что размеры ядра атома очень малы и на основании только что упомянутых опытов мы можем их измерить. Представьте себе проволочную решетку или сетку и представьте, что мы начинаем бросать в эту сетку пригоршнями сухой песок: часть песчинок пролетит в отверстия сетки, часть же, ударившись о проволки, полетит обратно. Взвесив общее количество песчинок, отброшенных назад, и сравнив с весом пролетевших сквозь сетку, мы можем судить о том, сколько места в сетке занимали проволоки и какая часть приходится на отверстия. Так как методом спинтарископа можно определить, какая доля общего числа α-частиц отражается обратно, то можно подсчитать, как велика площадь непроницаемого в данном листке металла, а так как мы знаем число атомов в любом количестве вещества, то можно подсчитать, какая площадь чего-то непроницаемого для α-частиц приходится на долю каждого атома.

Из данных опыта вытекает, что в среднем радиус ядра атома равняется приблизительно трем миллионным долям от миллионной доли сантиметра!

Представить себе наглядно такую маленькую величину чрезвычайно трудно. Но именно из этого маленького ядра и вылетают положительно заряженные атомы гелия—α-частицы и электроны, заряженные отрицательно—β-частицы. При превращении атома радия в свинец из него вылетает 5 α-частиц и 2 электрона. Принимая во внимание заряд α-частиц и то малое пространство, на котором они сосредоточены, мы приходим к выводу, что между α-частицами должны действовать громадные силы отталкивания, так как сила электрических притяжений и отталкиваний быстро возрастает с уменьшением расстояния между зарядами [1]).

---

[1]) У нас есть данные, что на очень малых расстояниях обычный закон притяжений и отталкиваний неприложим, но вплоть до расстояний, сравнимых с радиусом непроницаемого ядра, упомянутого в тексте, приложим обычный закон Кулона.

Эти силы и сообщают те громадные скорости, какие мы наблюдаем в явлениях радиоактивного распада. Таким образом два факта: измеренная величина зарядов и малое пространство, на котором эти заряды сосредоточены, объясняют, почему в атоме имеется такой большой запас энергии.

Но сейчас является возражение: а что же удерживает эти заряды, пока взрыв атома еще не произошел? Это возражение не трудно обойти; ведь кроме положительных зарядов в ядре находятся и отрицательные: при радиоактивных процессах выстреливаются атомом и электроны, только положительных зарядов всегда в ядре больше, почему оно и имеет положительный заряд. Не надо обладать большой фантазией, чтобы представить себе такое расположение положительно и отрицательно заряженных частей, чтобы притяжение разноименных зарядов как раз уравновешивало бы отталкивание одноименных. Такая группа может быть устойчива только при определенных расположениях ее частей, стоит только некоторым частям немного сместиться—и вся система, перестав быть устойчивой, разлетается в разные стороны.

Подобные модели неоднократно предлагались учеными; конечно, сейчас никто не может поручиться, что ядра атомов построены именно так: мы имеем пока что еще очень мало данных о строении ядра, но, как и всякая модель, они имеют ту ценность, что дают нам возможность понимать то, что происходит в действительности. Раз мы знаем, что такая модель возможна, для нас уже в той реальной действительности, которую мы наблюдаем, нет больше ничего таинственного и непонятного, и, кроме того, мы получаем новый стимул, заставляющий нас искать новых опытных доказательств, выясняющих сходства или различия действительного атома и придуманной нами модели.

В опытах, о которых у нас шла речь, атомы гелия, вылетающие из взрывающихся атомов радиоактивных тел, пролетали мимо ядер атомов, имевших значительную массу по сравнению с атомом гелия; а что случится, если пропустить поток атомов гелия или α-частиц через слой, занятый более легкими атомами, например, атомами водорода? Ясно, что если атом гелия налетает в упор на в четыре раза более легкий атом водорода, то этот атом водорода должен начать двигаться со скоростью, значительно превосходящей скорость α-частицы. Расчет, выполненный Дарвином (внуком знаменитого Чарльза Дарвина), показывает, что при наиболее благоприятном столкновении—при лобовом ударе, скорость атома водорода должна превосходить скорость α-частиц в 1,6 раз, т.-е. более чем в полтора раза. Но

как проверить этот расчет? Конечно, можно было бы попытаться измерить скорость атомов водорода, получивших эту скорость благодаря бомбардировке водорода α-частицами, отклоняя эти частицы магнитным и электрическим полем—это и было с успехом выполнено Рутерфордом в 1920 году,—но оказывается, что существует гораздо более простой и удобный способ измерения скоростей частиц, способных вызвать искры в спинтарископе.

Если в спинтарископе (см. рис. 1) мы будем отодвигать иглу R от экрана все дальше и дальше, то при некотором определенном расстоянии иглы от экрана искры вдруг пропадают—это расстояние, которое нетрудно бывает определить с большой точностью, называется средним пробегом α-частицы. Пролетая через воздух, частицы теряют постепенно свою скорость, а когда скорость достигает значений, немного меньших некоторой вполне определенной величины, свечение вдруг исчезает. В зависимости от величины начальной скорости, т.-е. от той скорости, которая получается при взрыве атома, мы будем иметь различной длины средний пробег. Так для самого радия средний пробег выделяемых им α-частиц равен 33 миллиметрам, для эманации этот пробег оказывается равным 41,6 миллиметра; для радия C—70 миллиметров. Так как различные виды радиоактивных тел выстреливают α-частицы с разными скоростями, т.-е. дают α-частицы с средним пробегом различной длины, то по длине пробега можно определить, что служит источником этих α-частиц. На этом принципе основан способ определения радоактивных веществ,—это один из методов радиоактивного анализа.

Непосредственные измерения скорости α-частиц, о которых у нас уже шла речь, показали, что средний пробег в очень сильной степени зависит от начальной скорости данной группы частиц. Если скорость уменьшить вдвое, то пробег уменьшится в $2 \times 2 \times 2 = 8$ раз.

Поэтому по величине среднего пробега, т.-е. определяя наибольшее расстояние, при котором искра еще видна между источником и экраном, на котором наблюдаются искры, можно хорошо судить об изменениях скорости, вызванных тем или другим фактором.

Мы только что видели, какие у нас имеются данные ожидать появления быстро движущихся атомов водорода при бомбардировке его α-частицами. В 1914 году Марзден, сделав опыт, нашел, что при бомбардировке водорода получаются частицы с пробегом в 29 сантиметров, по расчету Дарвина так и должно было получиться: α-частицы радия C, которым пользовались для

бомбардировки, имеют пробег 7 сантиметров, по Дарвину скорость водородных или „*H*-частиц“, как их теперь называют, должна быть в 1,6 раз больше, но средний пробег при этом должен увеличиться в 1,6×1,6×1,6=4,1 раз, т.-е. должен получиться пробег в 28,7 сантиметров, т.-е. очень близкий к тому, что наблюдал Марзден. Эти водородные или *H*-частицы дают очень слабую вспышку на экране сернистого цинка; пришлось даже строить специальный микроскоп для их наблюдения, но это имеет и свои хорошие стороны: опытный глаз без труда различает *α*-частицу от *H*-частицы, т.-е. на глаз может сказать, ударился ли об экран атом гелия или атом водорода!

Дальнейшие опыты показали, что водородные частицы получаются не только из водорода, но и из целого ряда других тел:

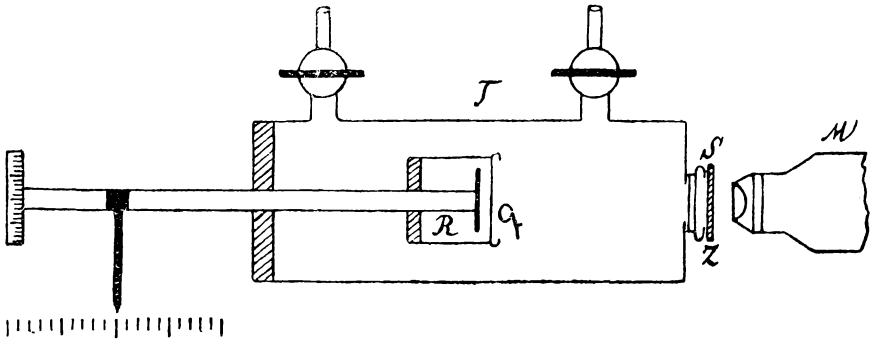


Рис. 5.

из азота, натрия, алюминия, фосфора и при том независимо от того, находятся ли эти тела в чистом виде или в виде химических соединений.

Таким образом систематическое исследование прохождения *α*-частиц через слои того или другого вещества привело к открытию искусственного разложения атомов. Быстро летящие *α*-частицы могут разбивать атомы азота, натрия, алюминия и т. д., выбивая из них входящие в их состав атомы водорода [1]). На

[1]) При бомбардировке кислорода, кальция и серы получаются какие-то другие частицы, природа которых еще не установлена. Вообще выбивать атомы водорода удалось пока из легких атомов до фосфора (атомный вес 31) включительно, при чем водород выбивается из атомов, имеющих атомный вес 4п+1, 4п+2, 4п+3, где п—целое число; атомы типа 4п не дают водородных частиц: например, кислород 16 (п=4) и сера 32 (п=8). Это дает некоторое основание для гипотезы, что водородные атомы могут образовать очень стойкие группы по 4 атома—атом гелия, из которых нельзя выбить ни одного атома водорода теми средствами, какими мы в настоящее время располагаем.

первых же порах было установлено, что выбиваемые α-частицами из атомов азота, бора, фтора, натрия, алюминия и фосфора водородные частицы имеют больший свободный пробег, чем водородные частицы, полученные непосредственной бомбардировкой водорода. Это было доказано Рутерфордом с помощью весьма несложного прибора (см. рис. 5). Латунный диск R покрывался налетом радия C, дающего α-частицы с пробегом в 7 сантиметров; трубка T наполняется чистым водородом; окошко S закрывается листком серебра, толщина которого подбирается так, чтобы на экране сернистого цинка не появлялось больше искр, что можно установить с помощью микроскопа специальной конструкции M. Таким образом листок серебра задерживает все частицы с пробегом в 29 сантиметров и меньше. Если теперь в трубку T вместо водорода внести азот, то искры вновь появляются, а, перемещая источник R, можно показать, что средний пробег водородных частиц, выбитых из азота, будет около 40 сантиметров. Помещая перед источником α-частиц R в q листок алюминия, мы получаем H-частицы с пробегом в 80 даже 90 сантиметров! Что это доказывает? Это доказывает, что атомы водорода, входившие в состав атомов азота и алюминия, получают энергию не только от α-частицы при ударе, но сверх того они обладают запасом внутри атомной энергии, которую они несут с собой, вылетая из искусственно разрушенного атома. В самом деле, если бы они этой энергией не обладали, то от удара α-частицы они могли получить скорость, соответствущую maximum 29 сантиметрам пробега, а для атома водорода, выбитого из атома алюминия, пробег равен 80—90 сантиметрам! Расчет показывает, что от 25% до 45% всей энергии водородных частиц, выбитых из атома алюминия, должно быть отнесено на долю освобожденной внутриатомной энергии атомов алюминия.

Таким образом внутри-атомная энергия содержится не в одних только атомах радиоактивных тел. Если оценить с экономической точки зрения этот искусственный процесс разложения атомов алюминия, то он далеко не блестящ; во-первых, нам нужен источник α-частиц, а скоростью радиоактивного распада мы еще не умеем управлять, и, во-вторых, искусственно вызванный распад получается очень редко: на полмиллиона столкновений α-частиц с атомами алюминия только одно бывает благоприятное в том смысле, что атом разбивается. Как будто α-частица должна попасть в какое-то особое, так сказать, уязвимое место атома, чтобы вызвать процесс распада атома.

Но, как бы то ни было, успех, достигнутый Рутерфордом, громадный: впервые рукой человека разбит атом; до сих пор мы могли только наблюдать естественные процессы распада, — теперь мы этот процесс вызываем и при том в обыкновенных, нерадиоактивных телах. Эти опыты несомненно составят эпоху в истории физики.

Но что же будет дальше? Можно ли надеяться овладеть этим процессом? Возможно, что вызываемые в электрических разрядных трубках потоки атомов—так называемые положительные лучи,—когда мы научимся сообщать им скорости такие же, какие имеют α-частицы,—помогут нам разбивать атомы—это вполне возможно, но поручиться за это пока еще, конечно, нельзя.

А пока приходится поневоле терпеливо ждать, прилагая все усилия к детальному изучению вновь открытых явлений. В науке, так же как и в экономической политике, приходится часто отказываться от штурма и переходить к правильной осаде. Но чем же, спрашивается, занимаются сейчас те ученые, которые открыли эти замечательные явления? Судя по последним известиям, Рутерфорд исследует теперь, по каким направлениям вылетают водородные частицы из алюминия при бомбардировке их α-частицами. Любой практик, который, узнав о существовании внутриатомной энергии, ждет не дождется, когда, наконец, можно будет носить годичный запас топлива для большого завода у себя в кармане, скажет, что Рутерфорд занимается пустяками. А разве не пустяки были с точки зрения близорукого практика опыты Анри Беккереля с действием урана на фотографическую пластинку? И, тем не менее, эти пустяки открыли существование несметных запасов внутриатомной энергии! Я этим вовсе не хочу сказать, что наука не должна быть связана с жизнью и техникой; наоборот—мысли ученого невольно приспособляются к тем техническим средствам, какими он располагает. Талант ученого в том и состоит, чтобы использовать все, что у него есть под рукою, для открытия в природе того нового, что явится фундаментом, для будущей техники. Потому-то так часто и приходится отказываться от штурма очень заманчивых позиций. Чем лучше ученый умеет использовать то, что у него в руках, тем скорее он приходит к изобретению новых средств, новых технических орудий, позволяющих итти все дальше и дальше. Всякое на вид ненужное специальное исследование, производимое с надлежащей строгостью в лаборатории, есть первая разведка для техники. И вот поэтому в деле использования того, что существует в природе, мы добиваемся прочных успехов только тогда, когда впереди техники идет наука!

V.

Опровергает ли современная электрическая теория материи — материализм?[1])

За последние двадцать пять лет, благодаря целому ряду новых открытий, возникла и развилась совершенно новая наука—наука о строении атома. Этот выдающийся успех истолковывается присяжными философами, занимающими кафедры во всех университетах Западной Европы и Америки и, в значительной степени, в РСФСР как полное крушение старой науки, как окончательное раскрепощение человеческой мысли от приводящего в содрогание всякого „порядочного“ человека материализма!

В научно-популярной литературе, почти всегда находящейся под исключительным влиянием философов и, как правило, очень далеко стоящей от живых источников самой науки, эта точка зрения самым ревностным образом поддерживается и распространяется в широких кругах читателей.

Нельзя не отметить, что и сами представители науки,—сами авторы новейших исследований, хотя они в своей работе и остаются почти без исключения последовательными материалистами, сплошь и рядом поддаются общему настроению и в своих весьма ценных исследованиях немногими заключительными фразами присоединяются к хору философов буржуазного мира. Что эти заключительные фразы и выводы противоречат содержанию самого исследования, может заметить тот, кто хорошо знает суть дела; а тот, кому хочется во что бы то ни стало услышать эти выводы, понятно будет всегда утверждать, что перед ним не уступка требованиям „приличия“ современного культурного общества, а строго-логические выводы из строго-научного ис-

[1]) „Под Знаменем Марксизма“ № 4, 1922 год.

следования и притом высказанные не кем-нибудь, а самими авторами этих ценных исследований.

В самом деле, как часто приходится слышать, что атомная теория окончательно опровергнута, так как ученые делят теперь атомы на части; что материя вообще не существует, потому что теперь выяснено строение атома, состоящего из электрически заряженных частиц, а масса этих частиц не материальная, а электромагнитная! Наконец, энергия имеет массу, следовательно, масса есть свойство энергии, а не материи, бесследно исчезнувшей с горизонта изумленного физика.

Попытаемся дать ответ на все эти возражения. Начнем с самого нелепого: будто раздробление атома опровергает атомную теорию. Если мы заглянем в историю химии, то мы увидим, что великие умы, вводившие в начале XIX века в науку атомную теорию и поставившие эту теорию впервые на прочную почву меры и числа, мыслили, как и подобает всем крупным ученым, диалектически, а не метафизически. Приняв для объяснения основных химических законов—закона постоянства состава и закона кратных отношений—существование неразложимых обычными приемами частиц или атомов, они вовсе не предполагали абсолютной неделимости атома; наоборот, уже в 1815 году Вильям Проут высказал предположение, что атомы всех так называемых элементов составлены из атомов водорода, который является чем-то вроде первичной материи, и что кажущаяся неразложимость элементов на составляющие их атомы водорода обусловлена исключительной прочностью этого рода соединений. Эту мысль пытались тогда доказать тем, что атомные веса всех элементов являются кратными атомного веса водорода; как известно, это не удалось. Зато опыты Рутерфорда 1919—1921 г.г., в которых искусственно были разложены атомы азота, бора, фосфора, натрия и алюминия, при чем в качестве одного из продуктов распада был обнаружен водород, возвращают нас снова к взглядам Проута.

Является ли поэтому современная наука опровержением смелых взглядов основателей научного атомизма, как это хотят изобразить буржуазные философы и их легковерные последователи, предоставляем судить читателям [1]).

---

[1]) Как относились великие ученые к вопросу о неделимости атома еще задолго до открытия расщепления атомов лучше всего показывают слова, написанные Д. И. Менделеевым в его знаменитых „Основах химии“: „Для нас ныне атом есть неделимое не в геометрическом, абстрактном смысле, а только в реальном, физическом и химическом. А потому лучше было бы

Гораздо сложнее вопрос об электро-магнитной массе.

Первое указание на эту добавочную электро-магнитную массу встречается в обстоятельном теоретическом исследовании Дж.-Дж. Томсона, напечатанном в журнале „Philosophical Magazine“ в апреле 1881 года, т.-е. более чем сорок лет тому назад. Впоследствии Томсон все более и более подробно развивал эти взгляды в своих двух книгах: „Новейшие успехи в области учения об электричестве и магнетизме“ [1]), „Электричество и материя“ [2]), а также в речи, произнесенной на годичном собрании Британской ассоциации в Виннипеге в 1909 году [3]), и наконец в статье „Масса, энергия и излучение“ в 1920 году [4]). Хотя обо всех этих работах знаменитого физика везде отзываются с большим почтением, но их почти никогда и нигде не излагают! Даже более того, когда речь заходит об электро-магнитной массе— основном понятии в современной теории атома, почти никогда не упоминают о том, что это понятие было установлено Томсоном, который, по общему признанию, является едва ли не самым выдающимся из живущих теперь физиков на всем земном шаре. Почему? Потому, что даваемое им объяснение электромагнитной массе и все изложение этого учения ведется с точки зрения самого строгого материализма,—о чем, вероятно, и сам Томсон не подозревает, и если бы ему сказали, что он материалист, он может быть с негодованием стал бы возражать.

В силу своего материалистического характера картина, даваемая Томсоном, очень проста и понятна, а между тем в новейших исследованиях, где на первый план выдвигается формаль-

---

назвать атомы индивидуумами—неделимыми. Греческое атом = индивидууму латинскому по сумме и смыслу слов; но исторически этим двум словам придан разный смысл. Индивидуум механически и геометрически делим и только в определенном реальном смысле неделим. Земля, солнце, человек, муха суть индивидуумы, хотя геометрически делимы. Так, атомы современных естествоиспытателей, неделимые в физико-химическом смысле, составляют те единицы, с которыми имеют дело при рассмотрении естественных явлений вещества, подобно тому, как при рассмотрении людских отношений человек есть неделимая единица или как в астрономии единицей служат светила, планеты, звезды...“ (Основы химии, стр. 164, 5 издание, 1889 г.).

[1]) Recent researches in Electricity and Magnetism, Oxford 1893 г.

[2]) Electricity and Matter, London 1903 г. Есть немецкий перевод в серии „Wissenschaft“, Vieweg, Braunschweig 1904 г.

[3]) Эта речь имеется в переводе на русский язык. Петербург 1919 г. Исправленный и дополненный перевод этой речи войдет в сборник „Естественно-научные основы материализма“, I часть—Физика, издаваемый Госиздатом (выпуск II т., стр. 171, 1924 г.).

[4]) „Philosophical Magazine“, June 1920 г.

ная математическая сторона, совершенно затушевана физическая картина явления — она по-просту отсутствует, зато в выводах красуются фразы: электромагнитная масса электронов не материальна; электромагнитная масса есть масса энергии, а не материи, как раньше думали, потому что материи вообще больше не существует!

Попытаемся разобраться в этом вопросе.

Представим себе шар, имеющий массу M грамм, и пусть мы бросили этот шар, сообщив ему скорость v сантиметров в секунду. Механика учит нас, что при этом мы должны были затратить энергию, численно равную произведению квадрата скорости (т.-е. скорость, умноженную самое на себя) на массу шара, деленную пополам, или $\frac{Mv^2}{2}$. Представим теперь, что мы сильно зарядили электричеством тот же шар и опять бросили его с той же скоростью. Как указал впервые Томсон в 1881 году, нам придется в этом случае затратить больше энергии. В самом деле, движущийся электрический заряд проявляет все действия электрического тока: он будет, например, отклонять магнитные стрелки, мимо которых мы заставим его пролететь, а на это требуется энергия.

Таким образом, приводя в движение заряженный шарик, мы должны сообщить ему больше энергии, мы должны одновременно „создавать“ электромагнитное поле с его энергией—электромагнитное поле движущегося заряда. Так как скорость будет по предположению та же, что и раньше, а энергия должна быть больше, то вместо $\frac{Mv^2}{2}$ нам придется написать $\frac{(M+m)}{2} v^2$, т.-е. дело происходит так, как будто при той же скорости масса стала больше: вместо M — $M+m$. Вот эта добавочная масса m и называется электромагнитной массой. Но эта электромагнитная масса обладает удивительной особенностью: если мы вычислим ее, исходя из основных уравнений электромагнитного поля, то оказывается, что она непостоянна, что она возрастает по мере возрастания скорости движения, а если эта скорость приближается к скорости света, то электромагнитная масса растет, беспредельно стремясь к бесконечности...

Кроме того, если мы хотим летящий заряженный шар подтолкнуть в том же направлении, в котором он двигается, нам придется преодолеть инерцию массы $M+m$; если же мы хотим подтолкнуть этот летящий шар под прямым углом к его движе-

нию, то дело будет происходить так, как будто нам приходится преодолевать инерцию не $M+m$, а $M+m'$, где m' электромагнитная масса „поперечная“, которая меньше m—„продольной“, т.-е. эта масса различна, пытаемся ли мы ее продвинуть в сторону, куда она уже движется, или под прямым углом к ее прежнему движению. Но и это еще не все!

Опыты с электронами показали, что у них вся масса электромагнитная, и никакой другой нет, что в книжках, за исключением Томсоновских, формулируется как доказательство нематериальности электрона, как полный разрыв с механикой Ньютона, где нет никакой продольной и поперечной или изменяющейся со скоростью массы, а есть одна постоянная и неизменная.

Постараемся теперь выяснить, какую наглядную и простую картину нарисовал Томсон для этих таинственных, но строго установленных теперь фактов. Для этого рассмотрим сначала несколько простых примеров из области механики, примеров, имеющих некоторое сходство с упомянутыми выше фактами.

Пусть у нас имеется твердый шар, который погружен в воду, и мы привели его в движение под водой, толкнув его в ту или другую сторону. Если бы вода удовлетворяла требованиям идеальной жидкости,—не имела следов вязкости,—то шар двигался бы по инерции с неизменной скоростью. Какую требуется сообщить энергию шару, чтобы заставить его двигаться в воде со скоростью v? Оказывается, что к массе шара M при расчете энергии надо добавить некоторую массу окружающей его воды: получится $\frac{M+m}{2}v^2$. Почему?

Потому, что двигать шар в воде нельзя иначе, как двигая при этом воду. Шар будет толкать воду перед собой, и она струйками будет обтекать его, заполняя прежде занятое им место, а для того, чтобы привести в движение воду, нужна энергия. Итак, масса воды, увлекаемая движущимся шаром, является аналогией электромагнитной массе. Как мы увидим дальше, Томсон электромагнитную массу так и считает за массу увлекаемой электроном среды—эфира. Но аналогию можно провести еще и дальше. Пусть шар у нас полый с очень легкими, но вместе с тем прочными стенками, а из полости пусть выкачан воздух самым совершенным из существующих насосов.

Тогда мы приближаемся к случаю электрона, у которого вся масса—масса электромагнитная, движущаяся масса практически сводится к массе воды, окружающей легкую шарообразную оболочку, а внутри шара будет пустое пространство.

В примере движущегося шара, из которого выкачан воздух, само собой разумеется, нет никакого опровержения материализма: движется материя, а расположена ли она внутри шара, или снаружи—это, конечно, дела не меняет; к приведенному примеру очень близко подходит практически часто встречающийся случай—движение пузырьков воздуха в воде: так как воздух приблизительно в 1000 раз легче воды, то масса воды, приводимая в движение пузырьком, во много раз больше содержимого пузырька.

Представим себе теперь, что в воде находится не шар, а цилиндр, и представим себе, что он двигается параллельно оси, т.-е. торцем вперед: при своем движении он будет также двигать воду; таким образом при расчете энергии, потребной для приведения в движение цилиндра, надо принять в расчет не только его собственную массу, но и массу воды, увлекаемой цилиндром, — это и будет по-прежнему аналогия электромагнитной массы. Теперь предположим, что мы стали двигать под водой цилиндр в направлении, образующем прямой угол с его осью. При таком боковом движении он будет увлекать с собой больше воды: он не будет так легко „разрезать" воду, как при движении торцем вперед. Добавочная масса воды будет в этих двух случаях разная,—вот, следовательно, пример из области механики на „продольную" и „поперечную" массу, опять-таки не заключающей в себе ничего таинственного и непонятного.

Остановимся еще на одном примере из той же области, который поможет нам разобраться в более сложных электромагнитных процессах. Положим, что мы имеем ряд погруженных в воду цилиндров, которые движутся перпендикулярно к их осям и все расположены параллельно друг к другу; оказывается, что если цилиндры стоят близко друг к другу, они увлекают при своем движении больше воды, чем если они отстоят друг от друга на больших расстояниях. Таким образом количество воды, увлекаемое при движении твердого тела, погруженного в воду, зависит от того, двигаются ли рядом с ним другие тела, и близко ли или далеко они расположены [1]).

Переходим теперь к основному вопросу о движении электрического заряда. Со времени Фарадея в науку введено понятие о так называемых силовых линиях или силовых трубках. Эти линии на опыте наблюдаются следующим образом. В расплавленный пара-

---

[1]) J.-J. Thomson, Elektricität und Materie, p. 25, Vieweg, Braunschweig 1904.

фин, к которому подмешана угольная пыль, опускают подвешенный на шелковинке металлический заряженный шарик. Дадим парафину затвердеть. Разрезая затем затвердевшую массу парафина по различным направлениям ножем, мы увидим, что вкрапленные в нем угольные пылинки располагаются по направлениям радиусов погруженного в парафин заряженного шарика (см. рис. 1). Получается картина, как будто из центра шарика по всем направлениям выходят эти отмеченные угольной пылью линии,—это как раз направления, по которым действуют силы притяжения и отталкивания: для заряженного шара эти силы всегда направлены к центру или от центра. Фарадей приписывал этим линиям, заметным для нашего глаза благодаря присутствию угольной пыли, реальное существование, а Томсон в 1881 году высказал предположение, что эти линии представляют собой род вихревых ниток в эфире, которые при своем движении увлекают с собой часть окружающего их эфира[1]), из которых в свою очередь они сами состоят, наподобие воронкообразных вихрей, возбуждаемых в воде веслом. Эти силовые линии, по Томсону, при своем движении увлекают эфир так же, как твердые цилиндры увлекают воду в разобранных нами примерах.

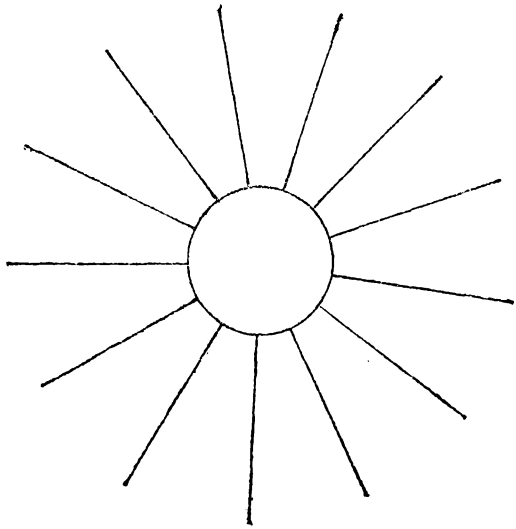


Рис. 1.

Разобрав детально этот вопрос, Томсон показал, что чем быстрее будет двигаться заряженный шарик или электрон, тем больше силовых линий соберется в области его экватора EQ (см. рис. 2). Здесь происходит примерно то же, что происходит с полуоткрытым зонтиком при ходьбе против ветра: зонтик сам открывается, и совершенно ясно, что итти против ветра с полуоткрытым зонтиком легче, чем с открытым: открытый зонтик

[1]) В настоящее время даже Эйнштейн, отрицавший недавно существование эфира, заполняющего собой все пространство, считает его необходимым для своей теории „всеобщей относительности".

больше увлекает с собой воздуха. Таким образом, по Томсону, наглядно объясняется таинственное возрастание электромагнитной массы в зависимости от скорости. Чем быстрее движение, тем гуще в экваториальной области скучиваются силовые линии, так как в таком положении они оказывают большее сопротивление движению, а всякое тело движется именно так: сухой лист с дерева падает всегда плашмя, а не вразрез. С другой стороны, чем гуще расположены силовые линии, тем больше вещества каждая из них захватывает с собой из окружающей среды.

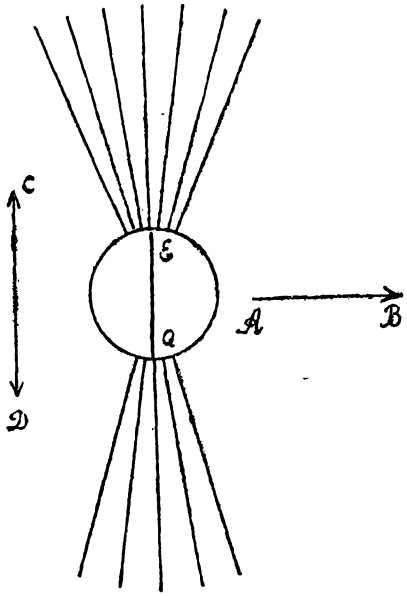


Рис 2.

Точно так же наглядно объясняется разница между продольной и поперечной массой. Представим себе, что мы сделаем попытку сообщить добавочную скорость в направлении *AB* рис. 2. Нам придется привести в движение гораздо больше вещества окружающей среды, чем если мы попытаемся продвинуть нашу систему в направлении *CD*, когда наши цилиндры—силовые линии, скопившиеся в области экватора, должны будут двигаться почти все торцем вперед.

Это объяснение изложено Томсоном в целом ряде цитированных выше сочинений, удостоившихся самых похвальных отзывов, но нигде, кроме как у самого Томсона, такого изложения нет. Содержание его работ в несколько измененном виде, не изменяющем, однако, существа дела, обыкновенно излагается формально математически по рецепту Маха, рекомендовавшего пользоваться исключительно „точным описанием, составленным по принципу экономии“, устраняя всякие попытки „метафизических объяснений“; а в результате, испугав читателя „продольными“ и „поперечными“ нематериальными массами, ему говорят, что никакой материи не существует!

В заключение остановимся на вопросе о массе энергии. Этот вопрос был также подробно разработан Томсоном. Мы видим, что густота силовых линий определяет количество захватываемой ими среды—эфира, т.-е. того, что составляет движущуюся массу; но где гуще линии, там больше электрические силы—там больше энер-

гия самого поля сил. Таким образом, если мы станем на точку зрения электрической теории материи и будем рассматривать энергию положения частиц, составляющих атомы, как энергию электрического поля, то каждому изменению взаимного расположения частиц, сопровождающемуся изменением энергии, будут соответствовать изменения густоты сетки силовых линий, связывающих отдельные заряженные частицы, а отсюда изменяется и масса увлекаемого этой сеткой эфира. Теперь к этим вопросам подходят с другой стороны, исходя из принципа относительности; при этом совершенно утрачивается та ясная конкретная картина, которую нарисовал Томсон, пытаясь связать воедино эфир, материю и электричество.

Но самый сильный аргумент в пользу взглядов Томсона мы можем почерпнуть из истории науки за последние десятилетия: его взгляды опережали опыт; все же „новейшие толкования“ [1]) тех же самых задач возникали после опытных исследований. Таким образом наглядные рассуждения и образы, развитые Томсоном, послужили толчком к той длинной цепи экспериментальных и теоретических исследований последних десятилетий, которые дали нам новую теорию строения и вещества и которые представляют собой одно из самых блестящих завоеваний человеческой мысли.

---

1) Весьма характерно начало последней статьи J.-J. Thomson'а в июньской книжке „Philosophical Magazine“ 1920 года, развивающей точку зрения, принятую автором еще в 1881 г.

„Задачу настоящей статьи составляет попытка дать изображение физических процессов с помощью физических же понятий. Это—попытка помочь тем, кто любит дополнять чисто аналитический прием обработки физических явлений еще и таким, который позволяет рассматривать физические процессы, как действия некоторых моделей. Эта статья написана для тех, кто, говоря коротко, при рассуждениях не менее охотно пользуется образами, чем символами“.

VI.

Поход современной буржуазной науки против материализма в области естествознания.

Доклад, прочитанный в партийном клубе при МК 18 сент. 1922 г. и повторенный в клубе университета им. Я. М. Свердлова 31 октября, перепечатывается из „Спутника Коммуниста“ № 18, 1922 г.

Тем из нас, товарищи, кому приходится—уж не знаю как сказать: к счастью или несчастью—сталкиваться или соприкасаться с нашим ученым миром, без сомнения приходилось слышать рассуждения, как бы мысли вслух—о нашей новой экономической политике. Эта политика изображается как полное банкротство, как полный отказ от всей нашей партийной программы. Говорится это крайне раздраженным тоном в присутствии коммунистов, но всегда при таких обстоятельствах, которые исключают возможность сколько-нибудь продолжительного спора или даже обстоятельного ответа.

Но вот этот неизменный тон раздражения и озлобленности с головой выдает говорящего: ведь ни для кого не тайна, что—к глубокому сожалению—значительная часть людей науки не на нашей стороне. Следовательно, чего же им сердиться и раздражаться, если их противники просчитались в своих расчетах? Казалось, надо бы радоваться. А между тем этот тон раздражения всегда сопровождает подобные ядовитые замечания.

Если же мы перейдем от слов к фактам, присмотримся к тому, что появляется в текущей литературе, благодаря массе новых издательств, растущих как грибы на наших глазах, то мы заметим, что наши противники думают о нашей политике то же, что и мы сами. Они видят, что мы „всерьез и надолго“ перешли от штурма к осаде, что у нас изменились приемы борьбы—тактики и что, следовательно, и им нужно изменить свою тактику и, как показывают факты, они это и делают и во всяком случае не хуже нас

Разговоры же, о которых я упоминал, ведут для отвода глаз. Того, что наблюдается в текущей литературе на почве философии, общественных наук, беллетристики и литературной критики,—я касаться не буду, потому, что у нас всех еще свежа в памяти речь т. Зиновьева на последней конференции нашей партии[1]). Те, кто посещают наш дискуссионный клуб, конечно, помнят доклад т. Бубнова на ту же тему. По этой причине я этих областей нашего нового идеологического фронта касаться не буду, я обращу ваше внимание на один маленький участок этого фронта, который проходит через область естество знания. Я считаю это необходимым потому, что именно этот участок, хорошо мне знакомый и мало пока еще обращающий на себя внимания, может ускользнуть от вас.

На почве естествознания в настоящее время, как у нас, так и на Западе, ведется усиленная антиматериалистическая пропаганда, так что в этом отношении наши ученые, занимающиеся этим делом, не одиноки. И, тем не менее, мне хотелось бы с самого начала показать вам, что между этой антиматериалистической пропагандой, которая ведется у нас в нашей Республике, и той, которая ведется западно-европейскими учеными,—громадная разница. На Западе все, что можно использовать для указанной цели из области естествознания, добросовестно используется в статьях и книжках по философии и по общественным наукам, все это проповедуется с кафедр философии—словом, это дело строго обособленных органов буржуазного общества, задача которых обрабатывать надлежащим образом так называемое общественное мнение. Самую же научную литературу по естествознанию и преподавание—может быть, только до поры до времени—оставляют в покое. Не то у нас: у нас появляется целый ряд книжек по естественным наукам, где в очень искусной, но, правда, беззастенчивой форме, опровергается материализма. Что такое различие между Западом и Востоком существует,—это я вам покажу на основании целого ряда выдержек из книг и брошюр. Но мне хотелось бы сейчас же предложить вам некоторую гипотезу, которая, как мне кажется, объясняет этот любопытный факт и которая, как мне кажется, не лишена вероятности. Во всяком случае на то наш клуб и дискуссионный клуб, чтобы обменяться мнениями и поспорить.

Если повести борьбу против материализма в самом естествознании—в учебниках или на кафедре—это значит развалить есте-

---

[1]) См. речь Зиновьева. „Спутник Коммуниста“, № 16, см. ст. Гобермана, „Спутник Коммуниста“, №№ 15 и 17.

ствознание, потому что ученые даже весьма буржуазного склада мысли, по выражению т. Н. Ленина, становятся „стихийно“ на материалистическую точку зрения и это потому, что иначе нельзя как следует работать. Поэтому борьба с материализмом есть борьба с естествознанием, а борьба с естествознанием есть борьба с техникой, а это уже совсем не входит в планы западно-европейской буржуазии, которая еще стоит у власти.

А у нас? Какое дело, стоящим на точке зрения потерявшей власть буржуазии, ученым, что у нас в РСФСР будет разваливаться наука и техника? Конечно, это помешает восстановлению промышленности, ну что же? Тем лучше, тем скорее слетят ненавистные большевики. Ведь смешно же думать, чтобы тот, кто настолько соображает, что для борьбы с революцией полезно начать разваливать естествознание, стал пылать мифической внеклассовой любовью к отечеству независимо от того, кто в этом отечестве стоит у власти?

Правильны или нет высказанные сейчас соображения,—они все-таки нам помогут ориентироваться в той картине, какую представляет собой начавшийся поход против материализма.

Начнем наш обзор с того, что делается в Западной Европе. Действительно, за последние годы в научных и научно-популярных журналах все чаще и чаще появляются статьи на тему: „Материализм обанкротился“. Статьи эти пестрят ссылками на новые данные из области естественных наук, которые будто бы опровергают материализм. Но эти статьи, как было указано, носят всегда заголовок философского характера. Весьма богатую почву для этой пропаганды дает так называемый принцип относительности Эйнштейна. Я не могу подробно касаться этого принципа—это очень сложный вопрос—ему следует посвятить целый доклад, а пока я приведу вам ряд выдержек, из которых будет вполне ясно, куда направлены стрелы буржуазных философов. Осенью 1921 года в „Nature“, одном из самых распространенных английских журналов, по которому обыкновенно узнаешь самые свежие научные новости, была напечатана статья проф. Вильдока Карра под заголовком „Метафизика и материализм“. В этой статье говорится, что принцип относительности произвел в науке потрясающую революцию, далее указывается, что физика еще не вполне помирилась с этой революцией,—в этом отношении наш философ кругом прав, так как в специальной литературе все чаще и чаще выдвигаются довольно обоснованные возражения.—Но зато математика призна-

ла революцию совершившейся. А в чем же, спрашивается, заключается эта революция? В том, что „самая основа материализма подорвана, так как понятия относительности пространства и времени предполагают уже существование сознания, или, говоря философским языком, сознание есть условие a priori самой возможности существования систем пространства и времени. Без сознания пространство и время не только теряют всякий смысл, но и теряют всякий базис для своего существования“. Раз мы допустили, что сознание определяет бытие, то — еще шаг и мы в области религии. Этот шаг сделан немецким философом Кассирером,—вообще, надо сказать, философы накинулись на принцип относительности как шакалы, почуявшие запах падали. Вот отзыв математика Германна Вейля о книжке Кассирера „К теории относительности Эйнштейна“ (теоретико-познавательные соображения)—отзыв, напечатанный в журнале „Physikalische Zeitschrift“ („Физический Журнал“): „В заключение автор (Кассирер) напоминает, что на-ряду с физической картиной мира на равных правах существуют и другие способы восприятия вселенной: эстетический, исторический и религиозный. Ни один из этих способов восприятия мира не является исчерпывающим выражением действительности. В конечном счете действительность есть не что иное, как то общее, что получается из всех этих областей, применимых каждая в положенных границах“. Итак, картина мира есть синтез картин физической, эстетической, исторической и религиозной, и ведь это не случайный бред какого-нибудь мракобеса. Вот вам слова из речи „Физика, как геометрическая необходимость“, произнесенной Артуром Гаазом в Венском Философском Обществе и заботливо переведенной на русский язык стараниями академика П. П. Лазарева. „Мир Минковского (одного из соратников Эйнштейна), рассматриваемый как арена физических событий, есть осуществление определения вечности, даваемого Фомой Аквинским: вечность он называл „nunc stans“ (остановившееся ныне). Когда я прочел это замечательное место, я невольно потянулся к энциклопедическому словарю, чтобы перечесть биографию знаменитого схоластика, причисленного церковью к лику святых, жившего в XIII столетии. Я не могу удержаться, чтобы не прочесть вам те слова, на которые случайно попали мои глаза, когда я открыл книгу—слова принадлежат самому Фоме Аквинскому: „В религии никто не смеет свободно мыслить и говорить и церковь должна отдавать еретиков светской власти, которая разлучает их с жизнью посредством смерти“ (!). И вот к памяти этого фанатика-

мракобеса взывает представитель науки, проповедующий революционную теорию! Хороша революция, которая кивает на Фому Аквинского! Но постараемся выяснить, что подало повод к такой выходке. Вот на той стене, которую я вижу сейчас перед собой, висят диаграммы, изображающие наглядно те изменения, какие происходили в составе и числе членов нашей партии. Эти кривые изображают условно происходившие процессы. Мы ведь тоже можем сказать, что эти диаграммы „остановившееся ныне“: они изображают изменения, а разве на них что-нибудь движется? Так же точно и в „Мире Минковского“, который каждое состояние любого материального тела изображает точкой в воображаемом четырехмерном пространстве. Четыре измерения нужны, чтобы охарактеризовать положение тела и момент времени. А положение определяется тремя данными. Например, положение кончика моего указательного пальца я могу определить, измерив расстояние его от пола и каких-либо двух стен этого зала. Если эти три расстояния измерены, то к ним надо добавить число, определяющее момент времени, указывающий, когда именно палец был в этом месте. Таким образом, пресловутый мир четырех измерений в этом случае есть не что иное, как распространение на четыре измерения (три измерения пространства и одно времени) метода диаграмм, которым мы так широко пользуемся на практике. Кривые, изображающие ход явления, какой-либо процесс, какие мы себе можем вместе с Минковским вообразить в четырехмерном пространстве, конечно, так же неподвижны, как неподвижны кривые, изображаемые нами на наших диаграммах. Все это условные обозначения—условный язык, может быть, иногда и весьма полезный, но к чему тут „вечность“ и Фома Аквинский?

Однако, как говорится в пословице: „своя рубашка ближе к телу“, посмотрим, что пишут наши отечественные спецы. Вот здесь передо мной книжка академика Вернадского „Начало и вечность жизни“ (Петроград, издательство „Время“). Прежде всего всякого свежего, но знакомого с делом человека удивит, что наш почтенный академик—специалист по минералогии—и вдруг стал писать книги о начале и вечности жизни. Что же? Тем лучше. Если минералог Вернадский может писать книжки о жизни, то почему же мне, физику, нельзя говорить о жизни, тем более, что и для физика тут кое-что найдется.

Начинается книжка с указания на то, что вопрос о происхождении жизни на земле уже много веков волнует человеческую мысль, что к этому вопросу человечество подходило разными

путями. Подходило путем религиозным, но этот путь, как указывает автор, не привел к цели,—нельзя было найти единого, приемлемого для всех ответа. Подходило далее к тому же вопросу человечество, пользуясь интуицией и вдохновением художника, но искусство слишком индивидуально, чтобы дать что-то обязательное для всех. Наконец, философы пытались решить этот вопрос и так же безуспешно, так как они сами разбились на громадное число враждующих между собой течений. Остается один путь—путь науки. Это дает повод нашему академику с первых же страниц своей книги заявить: „Я подойду к этому вопросу, как ученый, а не как философ, художник или религиозный мыслитель“.

Далее очень подробно и, если хотите, по форме увлекательно, рассказывается, как в интересующем нас вопросе возможны две точки зрения. Мы можем предположить, что жизнь и живое существовали вечно, что все живое всегда, как и сейчас, возникало от живого же и, следовательно, жизнь и ее происхождение остается вечной загадкой (последнего наш автор на первых страницах, конечно, не говорит). Эта точка зрения носит название биогенеза (происхождение от живого). Другая точка зрения—гетерогенез или абиогенез (происхождение жизни из неживого)—точка зрения научная, материалистическая, опирается на предположение, что теперешние условия существовали не вечно, что на земле, которая была когда-то в расплавленном состоянии, раньше не было жизни, и что в определенной стадии своего развития на земле возникли такие условия, при которых жизнь могла возникнуть из неживой природы. Эта точка зрения увлекательно изложена, например, в книге знаменитого американского астронома Лоуелля „Эволюция миров“ (имеется русский перевод издание „Матезис“, Одесса, но почему-то он не получил широкого распространения). Академик Вернадский пытается всеми силами показать, что теми, кто стоит на материалистической точке зрения, руководит—вера (!), а, наоборот, сторонники биогенеза (скажем от себя—сторонники вечной загадки жизни)—люди свободомыслящие, стоящие на строгой почве науки. „Повидимому, Валисниери (родился 1661 г., умер 1730 г.),—говорит Вернадский—более свободный в религиозном отношении мыслитель, чем Реди, подходит к идее вечности жизни, но ясно (сколько знаю)—может быть, по цензурным условиям времени—он этой идеи в напечатанных работах не выражал“.

С другой стороны, „абиогенез имеет корни не в науке, а в философских исканиях. Отрицательный вывод научного искания

не может разрушить представления с ним неразрывно не связанного". Но как же, спрашивается, быть с вечностью жизни, когда земля была в расплавленном состоянии? Ведь при температуре расплавленной лавы не очень хорошо живется!

А выход найден очень простой: мы верим в то, что земля была когда-то расплавленной массой, а может быть на самом деле всего этого не было! На странице 43 наш почтенный „спец", потеряв всякий стыд, пишет: „Очевидно, космическое прошлое земли, столь различно возможное, нам научно неизвестно. Мы можем пока в него верить (курсив Вернадского), но не знать". И Вернадский в этом не одинок; другой академик, и также российский, А. Е. Ферсманн в книжке того же издательства „Время" на стр. 22 пишет то же самое, но в других выражениях. „Геофизика (физика земли) пока еще бессильна,—говорит он,—как при разрешении неразгаданных проблем строения центрального ядра земли, так и при выяснении вопроса о происхождении земли как космического тела. Дадут ли что-либо в будущем геофизические науки для определения времени, для создания хронометров прошлого, сказать трудно, но при современном состоянии наших знаний скорее приходится ответить отрицательно".

Товарищи! Позвольте теперь рассказать вам вкратце о том, что скрывают, что замалчивают эти почтенные академики. Если о знаменитой теории Канта-Лапласа, применяя ее ко всей нашей солнечной системе, можно сказать, что она в некоторых своих частях требует поправок, которые уже и делаются современными астрономами, то в вопросе о происхождении системы „земля-луна" мы подвинулись значительно вперед благодаря блестящим теоретическим работам Джорджа Дарвина. Его теория основана на изучении явления прилива и отлива.

На черт. 1 изображена схематически приливная волна (заштрихована) в сильно увеличенном виде. В ближайшей к луне части земного шара волна поднимается потому, что частицы воды, как ближе расположенные к луне,—притягиваются сильнее частиц земли. С противоположной стороны вода поднимается потому, что там частицы воды дальше отстоят от луны, чем частицы земли и они как бы отстают. Самые высокие части волн прилива [1]) лежат на одной прямой, проходящей через центр земли и луны: положение этих волн определяется положением луны, а ведь мы знаем, что луна делает полный оборот вокруг

---

[1]) В действительности приливная волна немного отстает и потому лежит не на одной прямой линии с центром земли и луны, но в эти подробности мы не можем здесь входить.

земли в 28 суток, земля же поворачивается вокруг своей оси в одни сутки. Поэтому выходит, что земля вращается в массе облекающей ее воды как ось в подшипнике и вследствие неизбежного трения она должна тормозиться—это торможение ничтожно, оно измеряется секундами в столетие, но оно поддается учету. Дарвин путем блестящих теоретических построений показал, что, зная закон действия этого трения, можно показать, что около миллиарда лет тому назад земля делала один оборот в то же самое время, которое требовалось луне, чтобы обойти один раз земной шар и, кроме того, она должна была в это время находиться на поверхности земли, то-есть составлять часть одного общего тела. Другими словами, детальное изучение явлений приливов приводит нас к приблизительному определению того

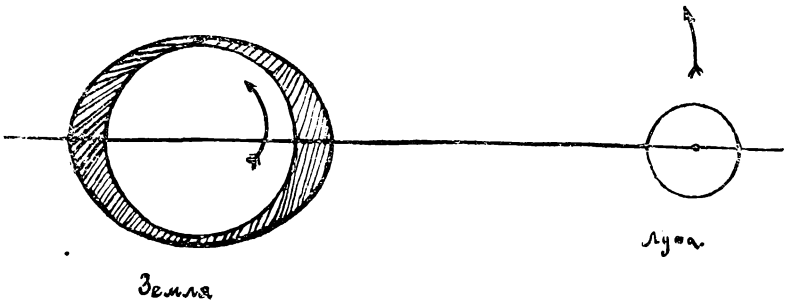


Рис. 1.

момента, когда луна отделилась от земли. Дарвин дает для этого промежутка времени пределы от одного миллиарда лет до полумиллиарда, более точных указаний при современном состоянии наших сведений дать нельзя. Эти работы Дарвина справедливо считаются одними из самых блестящих работ последних десятилетий в области теоретической астрономии. Он сам изложил в более доступной форме свои взгляды в прекрасной книге „Приливы и отливы“, переведенной с английского языка, если не ошибаюсь, на двенадцать языков, за исключением русского [1]). Закрадывается мысль, не сделано ли это было с умыслом, чтобы не распространять вредных материалистических идей? Во всяком случае это очень удобно для академиков Вернадского и Ферсманна: они просто игнорируют эти блестящие работы, зная, что читатель, читающий только русские книги, так и не в состоянии будет заметить академических приемов, приближающихся к прие-

[1]) Теперь эта книга переведена Госиздатом—Дж. Дарвин: Приливы и родственные им явления, 1923 г.

мам ярмарочных фокусников, отводящих глаза зрителей от того, что им в данную минуту неудобно [1]).

Вы видите, товарищи, к каким приемами приходится прибегать, если захочешь опровергать материализм в естествознании. Но послушаем, что говорит сам академик Вернадский. „Признавая биогенез, согласно научному наблюдению, за единственную форму зарождения живого, неизбежно приходится допустить, что начала жизни в том космосе, какой мы наблюдаем, не было, поскольку не было начала этого космоса. Жизнь вечна постольку, поскольку вечен космос, и передавалась всегда биогенезом. То, что верно для десятков и сотен миллионов лет, протекших от архейской эры до наших дней, верно и для всего бесчисленного хода времен космических периодов истории земли"—стр. 34. Стало быть, мир не может развиваться, и к нему приложимо знаменитое изречение одного из царских министров: „так было, так будет".

Далее Вернадский с чувством сожаления пытается объяснить, почему его противники так сильно заблуждаются. „Ученые с XVII по XIX век не легко могут быть свободны от окружающей их духовной атмосферы, созданной поколениями предков. Поэтому им так трудно примириться с тем результатом отсутствия начала в жизни вне живого, какое получается в эти века при научном подходе к этому вопросу" (стр. 52—53).

На этом заканчивается первая стадия обработки читателя, после этих слов за него можно взяться вплотную. Но предоставим опять слово В. И. Вернадскому. „Помимо этих ясно извне пришедших в науку представлений, идея археогенеза или абиогенеза поддерживается сейчас еще двумя течениями мысли, анализ которых тоже указывает на их более тесную связь не с наукой, а с другими сторонами духовного творчества человека (?!). Необходимость начала жизни, во-первых, указывается, как логическая предпосылка эволюционного процесса. Во-вторых, необходимость археогенеза представляется неизбежным следствием отрицания для живых организмов особых им только свойственных сил". „Несомненно, отказ от абиогенеза и замена его представлением об извечности

---

[1]) Теория Дарвина была изложена в книжке Болла, изданной в Одессе, но широкого распространения она не получила. В настоящее время, по настоянию пишущего эти строки, переведены две статьи Дарвина: речь на британской ассоциации в 1905 году—„Эволюция в неорганическом мире" и „О происхождении двойных звезд". Эти статьи будут помещены в сборнике „Философия науки" (Естественно-научные основы материализма). Часть I. Физика Выпуск первый. Госиздат (Сборник уже набран и должен вскоре появиться в свет).

жизни и живого не является безразличным для эволюционной теории и для авиталистического представления о живом организме. Но в этом его значение, ибо оно в связи с этим должно служить плодотворным источником и научной работы, и углубления понимания наших теоретических представлений".

Итак, наука академика Вернадского отвергает всю действительную науку. Эволюционное учение идет на смарку. Воцаряется витализм, после изгнания которого наука только и начала развиваться. Витализм, все равно старый или новый (так называемый неовитализм) [1]), есть добровольный отказ от всякой науки. В сороковым годах XIX века виталисты учили, например, что животная теплота при помощи жизненной силы передается новорожденному по наследству. Это вызвало вполне достойный ответ Роберта Майера, одного из великих основателей учения о сохранении энергии: „В награду за такое открытие стоило бы пожелать его автору печку, которая передавала бы по наследству неистощимую теплоту своей прародительницы печки". Тот же Роберт Майер с еще большей определенностью напоминает: „Допущением какой-то гипотетической жизненной силы пресекается путь к дальнейшему исследованию и делается невозможным применение законов точной науки к учению о жизни. Сторонники этой жизненной силы восстают против духа прогресса, проявляющегося в современном естествознании и возвращаются к прежнему хаосу самой необузданной фантазии". Без всякого колебания можно сказать, что вся история естественных наук, вся история биологии является блестящим подтверждением этих слов великого физика. Но какое дело академику до науки, он только что одурачил своего читателя и готовится преподнести ему то, ради чего он начал писать свою книжку. Вооружимся терпением и дослушаем до конца нашего академика. „Возрождение разных форм виталистических и энергетических гипотез жизни является здоровым проявлением научного критицизма. Оно является реакцией против незаконно охватившего науку философского представления, ему чуждого. К тому же это философское построение связано с материализмом тем философским течением, которое было живым в конце XVIII и средине XIX века и которое в тех проявлениях, в каких оно выражается в науке, является истори-

---

[1]) См. Шефер, Жизнь, ее происхождение и сохранение, Госиздат, 1922 (перевод с английского). Говоря о бесплодности виталистических учений, Шефер обращается к аудитории: „Мне могут возразить, что сказанное не относится к неовитализму, но, ведь, между старым и новым витализмом такое же различие, как между молодым пресвитером и старым попом".

ческим пережитком в современной философии. Живого материалистического течения в современной философии, находящейся сейчас в бурном движении, сейчас нет". Товарищи! не слышится ли вам в этих словах бас протодиаконский: „Разумейте, марксисты, и покоряйтесь, яко с нами бог!".

В детстве и ранней юности мне приходилось слышать, какие задачи задавались в духовных семинариях и академиях; одна из самых распространенных тем была следующая: докажи бытие божие, опровергни оное и опровергни оное свое опровержение. С такого рода задачами и нам, как видно, приходится иметь дело, когда мы разбираем нападки наших противников. Нам, помимо изложения основ материалистической философии, приходится заниматься опровержением наших противников, предоставляя им среднюю часть проблемы, а поэтому, я думаю, будет нелишним на только что разобранной брошюре академика Вернадского попытаться установить самый план атаки, так как приведенные выписки содержат столько подробностей, привлекающих наше внимание, что общий ход мыслей может остаться незамеченным. Поэтому позвольте его повторить. Сначала надо убедить слушателя или читателя, что мы, мол, ничего общего не имеем с религией; это необходимо для начала потому, что теперь аудитория и читатели не те, что были раньше, и если заговорить сразу о религии, то, пожалуй, ничего не выйдет. Параллельно с этим нужно доказывать, что как раз те теории, которые утверждают материалистическую точку зрения, как, например, эволюционное учение Дарвина, победоносное применение физико-химических методов к изучению живого организма, вытеснившее окончательно мистическую жизненную силу,—что все это лишь основано на вере, с которой наука нещадно борется.

Таким образом наука упраздняет науку, и для читателя, оказавшегося на пустом месте, ничего не остается, как обратиться к „религиозному мыслителю". На это могут возразить, что у Вернадского нигде нет открытой проповеди религии. Это, пожалуй, верно, но, во-первых, разве проповедь витализма, проповедь не знающей никаких законов жизненной силы не есть уже протаскивание в науку религии? А, во-вторых, ведь, свет не клином сошелся на В. И. Вернадском. Вот перед нами книжка, выпущенная тем же издательством „Время"; автор ее также академик, Л. С. Берг, а заглавие „Наука, ее смысл, содержание и классификация". Впрочем, я должен оговориться, Л. С. Берг, несомненно, работает в Академии Наук и, по словам моих знакомых биологов, состоит членом Академии, но утверждать последнее

я не могу; попытка навести справку в Управлении Отдела Научных учреждений Наркомпроса была неудачна: мне сообщили, что Академия Наук не считается с Наркомпросом и не сообщает о том, кого она выбирает. Но вернемся к книжке Берга. В ней „религиозный мыслитель“ говорит уже открыто и не смущаясь. „Наука,—говорит Берг,—не занимается изучением ни первых начал, ни концов, ни сущности вещей, предоставляя эти области, как непознаваемые, метафизике и религии“. Когда, где, в каком городе был заключен этот договор, мне, товарищи, неизвестно. „С этой точки зрения,—продолжает Берг,—столкновений между наукой и метафизикой (и религией) не может происходить. Но, как только наука подходит к пределам познаваемого, сейчас же она вступает в соприкосновение с обоими названными учениями“. „У науки нет и не может быть конфликтов с метафизикой, ибо метафизика работает наукообразно, принимая во внимание выводы науки, основываясь на них и оперируя ими. Религия имеет дело с тем же материалом, что и метафизика, но она обращается не к уму, а к чувству. И потому то содержание, которое в устах метафизика не встречает возражения у ученого (точно ли так, г-н Берг?), то же содержание, выраженное в формах религиозного мышления, наталкивается на сопротивление со стороны науки. Но борьба здесь идет из-за формы, а не из-за сущности“ (!!).

Для того, кто не читал самой книжки Л. С. Берга, может показаться, что это есть обычное выгораживание своих религиозных взглядов. Ведь, очень нередки случаи крупных ученых, в научных работах выступающих как материалисты, но сохраняющих в своем мозгу уголок, предоставленный религии, которая осталась в нетронутом первобытном состоянии, но которая и сама дальше известной области мозга не заходит. Однако в данном случае мы имеем дело не с этим наследием прошлого, а с чем-то еще похуже. К области религии, по мнению Л. С. Берга, относится то, что составляет самую существенную задачу биологии. Дадим слово ему самому: „Атомы, электроны, водород, тяготение, Сириус—сами по себе, безотносительно к живым существами—ни хороши, ни дурны. Но все живое существует не само по себе, оно не является самоцелью, а живет для выполнения некоторой цели. Эта цель благо того вида, к которому принадлежит данная особь... Таким образом присутствие на земле организмов связано с идеей добра“ (!) (стр. 95). Тут, как говорится, все точки над і расставлены, и только добро написано с маленькой буквы, но зато на той же 95 странице внизу слово добро написано курсивом, а с 99 стр. и до конца добро уже пишется

с большой буквы. Дальше начинается глумленье над объяснением Дарвина, почему у животных существуют резко выраженные родительские инстинкты, приводящие в некоторых случаях к самопожертвованию. Ведь, чем больше забота о детях, тем более шансов данному виду размножиться. В процессе естественного отбора сохранились те виды, которые или проявляли при незначительной плодовитости максимум заботливости к потомству, — это высшие формы животных с развитым мозгом,—или те, которые обладали громадной плодовитостью, как, например, рыбы, мечущие миллионами икринки, из которых развиваются и выживают в жизненной борьбе единицы. Но, с точки зрения Л. С. Берга, это все чепуха, окончательно опровергнутая. „С таким объяснением можно было бы согласиться, если бы мы признавали естественный отбор за фактор эволюции. Но теперь мы знаем, что это не так (подробно рассказано в моей книге „Номогенез [1]), или эволюция на основе закономерностей"). Поэтому нам не остается ничего иного, как признать, что жизнь в процессах размножения осуществляет некий метафизический принцип Добра (!). Я думаю, товарищи, многие из вас хотят спросить: если все живое осуществляет принцип добра, написанный с большой буквы, то и стало быть холерный вибрион, и бациллы дифтерита и чумы, обладающие способностью быстро размножаться, также служат к вящшей славе идеи добра? Но наш почтенный ученый такое возражение предусмотрел и дал исчерпывающий ответ на 123 стр.: „С точки зрения биологии человек не ценнее бактерии. Естествознанию чужда партийность; что живет, а что умирает— для него безразлично". Однако не будем отвлекаться от главного, ведь, мы только что слышали торжественное заявление по поводу естественного отбора: „Но теперь мы знаем, что это не так". Что же именно мы узнали? Как в той книжке, которую мы сейчас разбираем, так и в другой „Теории эволюции" [2]), Берг пытается подвести научный фундамент под приведенную сейчас религиозную ахинею, но результат получается для Берга еще более прискорбный. Прежде всего, как же обстоит дело с естественным отбором? Тут Берг поступает по известному уже нам рецепту академиков Вернадского и Ферсмана: он игнорирует факты, на этот раз легко доступные русскому читателю, стоит только взять книгу моего покойного отца К. А. Тимирязева— „Чарльз Дарвин и его учения", часть I. Там вы найдете изложе-

---

[1]) К сожалению, изданной Госиздатом.

[2]) Петроград. Издательство „Academia". Напечатано также в „Научных Известиях Наркомпроса"!

ние замечательной работы английского зоолога Уельдона, не только изучившего как, один из видов крабба, живший в Плимутской бухте, погиб после постройки в гавани нового мола, а другой вид сохранился, но и воспроизведшего этот процесс искусственно в особых аквариумах. Благодаря постройке нового мола в бухте скоплялись большие количества ила, и вот у одного из видов крабба жабры сильно засорялись илом и животные погибали, а у другого вида ил не так легко мог попадать в жабры и этот вид размножился. Таким образом эта блестящая работа показала, как изменившиеся условия оказываются гибельными для одних форм и не препятствуют, а, может быть, и благоприятствуют другим организмам. Можно было бы еще указать на работу итальянского ученого Ченола, показавшего на опыте, что кузнечики желтоватого цвета, встречающиеся всегда в полях с побуревшей травой, в несколько дней бывают уничтожены птицами, когда их перенесут на светло-зеленый газон. И обратно, формы с зеленой окраской погибают на пожелтевшей траве, т.-е. все бывают поедены птицами. Наконец, есть замечательная работа русского ботаника Н. В. Цингера [1]), изучившего происхождение одного вида сорного растения, засоряющего посевы льна и воспроизведшего этот вид из другого путем отсеивания семян, и таким образом на одном примере наглядно показавшего процесс образования нового вида в мире растений. Но Л. С. Бергу до этого всего нет дела, раз факты противоречат—не надо их упоминать, — прием удобный, не правда ли? Гораздо „интереснее", однако, что „современная наука" нашла новые факты, „опровергшие" теорию естественного отбора. Сначала, однако, два слова о новой журнальной научной литературе. В настоящее время Академия Наук и ряд подобных учреждений являются фактическими монополистами. Журналы получаются непосредственно от разных ученых заграничных организаций, присылаются в „Дом Ученых" в Петербурге, но доступны они далеко не всем. Поэтому и мне, товарищи, придется в дальнейшем полагаться исключительно на слова самого Л. С. Берга, так как проверить делаемые им ссылки я, как простой смертный, не академик, не имел возможности.

Возвращаемся, однако, к современным „опровержениям" Дарвина. Оказывается, что в Америке были сделаны тщательные наблюдения над воробьями, погибшими во время сильной бури. Эти исследования привели к результату, что все воробьи, кото-

---

[1]) См. К. Тимирязев, Наука и демократия, Москва, Госиздат, 1920, стр. 230. Статья „Год итогов и поминок", 1909 г., I: Дарвинизм.

рые погибли, оказались или с более длинными крыльями, или с более короткими, чем у обыкновенной, наиболее часто встречающейся формы. Отсюда наш ученый делает глубокомысленный вывод—естественный отбор, если только он существует, отбирает некоторую среднюю форму, отсекая всякие, в том числе и полезные уклонения. Если бы Л. С. Берг обладал способностью научно мыслить, то он должен был бы, прежде всего, доказать, что более короткие крылья или более длинные полезны их обладателю, и тогда—и только тогда—его утверждение имело бы хоть какой-нибудь смысл. Ведь, это явление допускает совершенно простое и реальное объяснение. Налетает буря, птицы, и в том числе воробьи, ищут убежища, обладатель более сильных крыльев мог больше на себя понадеяться и полететь немного подальше, ища более удобного убежища, и при этом погибнуть. Более слабый оказался не в силах долететь даже до ближайшего прикрытия,—это удалось сделать только обладателю нормальных крыльев. Мы вовсе не настаиваем на этом объяснении: вопрос не такой простой. Раз найден факт, мы должны его объяснить, надо, во всяком случае, исследовать, какие преимущества или какие отрицательные стороны кроются в том или другом размере крыла. А, наконец, разве самый приведенный факт, что птицы с наиболее часто встречающейся формой крыльев оказываются более выносливыми, не свидетельствует ли он как раз в пользу Дарвина; указывая, что организмы приспособились к окружающей их среде и что всякое уклонение при существующих условиях будет скорее вредно, чем полезно? Но для этого надо иметь ум экспериментатора или попросту иметь способность научно мыслить, Л. С. Берг же в своей книге доказывает, что никакой разницы нет между работой систематика и работой физиолога. Сам Берг своими книжками как нельзя лучше свидетельствует о том, что умение давать описания внешних форм или внутреннего строения органов различных видов животных и растений [1]), не всегда сообщает еще способность логически мыслить,—эта способность вырабатывается преимущественно строгой экспериментальной работой.

Но и этого мало. Для „научного“ обоснования „реальности идеи Добра“ Л. С. Берг приводит следующее соображение, долженствующее установить коренное различие между живым и неживым. „Разница между живым и не-живым—это, вообще, самое значительное и самое загадочное из всех различий вселенной.

---

[1]) Л. С. Берг собрал и описал рыбы России.

Живое отличается от не-живого своей способностью при нормальных условиях отвечать на раздражение целесообразно. Кроме того, живое способно систематически переводить тепло в работу. Напомним, что машины, которые тоже могут переводить тепло в работу, есть произведение человеческого ума, в природе же они не встречаются, а если и попадаются, то как случайности (напр., гейзеры)". И это говорит доктор географии и профессор, а может быть, и академик. Ведь, ученик даже старой классической гимназии знал, что вода в водопаде обладает энергией, заимствованной от солнечного тепла. При испарении воды в океане вода за счет солнечного тепла поднимается в виде облаков, и эта преобразованная тепловая энергия проявляется потом в виде энергии движения воды водопадов и рек. Наконец, энергия ветра и урагана, что это, как не солнечное тепло, превращенное в работу? Солнце, как источник энергии на земле,—это тема обычная для школьника, и этого не знают, или прикидываются, что не знают, академики. Вот до чего доводит буржуазного ученого зоологическая ненависть к материализму: он забывает, или сознательно искажает, фальсифицирует свою науку...

В заключение остановимся еще немного на книжке академика Ферсманна „Время", о которой нам уже пришлось сказать несколько слов. При самом беглом знакомстве мы сейчас же заметим, что автор гораздо более искусно подходит к своей задаче. В ней не упоминается даже слово „материализм" и притом стиль ее гораздо более литературный; в этом вы сейчас сами сможете убедиться. „Время! где же твой непреложный закон, твое мерное и невозмутимое течение? Разве не сам человек определяет скорость твоего потока и разве не в нем самом познание времени. Творческой мысли человека принадлежит время, она побеждает его и победит!.. Так как во всяком движении играет роль время, время, в свою очередь, определяется числом, а число является в результате мысли человеческого разума, то мы не можем отделить времени от мыслящего и познающего человека".

Как видите, стиль совсем другой, а песня все та же, сознание определяет бытие! И эта мысль упорно навязывается читателю; вот еще одно любопытное место: „В смелых полетах новой не-Евклидовой геометрии пространство подчиняется новым обобщениям, а в построениях Минковского теряет подобно материи право на самостоятельное существование в природе... И закрадывается сомнение и колеблется наша старая вера". Как видите, опять тот же прием: прежде чем перевести читателя в свою веру,

надо стараться показать, что материалисты-то и есть верующие, а мы—свободомыслящие ученые.

Но, товарищи, я думаю довольно. Картина, я думаю, теперь для всех вас ясна.

Какие же мы сделаем из всего этого выводы?

Первый вывод очень утешительный. Мы видим, что материализм настолько неотделим от науки, что всякие попытки его опровергнуть сводятся к разрушению самой науки. Приходиться прибегать к приемам фокусников, скрывать от читателей и слушателей содержание наиболее блестящих научных исследований; короче говоря, приходится — фальсифицировать науку. Этим теперь, к сожалению, начали заниматься ученые, по своему складу мысли тесно связанные с уходящим в прошлое буржуазно-капиталистическим миром.

Но, если по существу это может нас утешать, то из этого не следует, что можно сидеть сложа руки: буржуазная фальсификация науки нам может быть очень опасна; мы должны противопоставить беспощадную критику. Для сколько-нибудь грамотного человека это уже не так трудно. Разобранные в настоящем докладе примеры показывают, что в большинстве случаев антиматериалистические выступления рассчитаны на очень слабо подготовленного слушателя или читателя. А, ведь, роль обличителя очень благодарна, когда сможешь показать, что академик, магистр или доктор не знает того, что должен был знать, и притом десятки лет тому назад, каждый гимназист или школьник. Вся трудность заключается в том, кто возьмет на себя этот труд. Я могу поручиться, что значительная часть людей науки, может быть, более значительная, чем вы, товарищи, думаете, так же возмущается этими выступлениями наших академиков, как и мы с вами. Но выступить с ответом, с критикой решатся немногие, прежде всего, потому, что не захотят вмешиваться в политическую борьбу, а кроме того, слишком велик еще авторитет академии у наших спецов, да и у одних ли только спецов?

Вот почему, мне кажется, нам необходимо в наших высших партийных школах и в первую очередь в университете имени Я. М. Свердлова организовать сначала хотя бы и небольшую группу, человек в десять-двадцать, студентов из числа наиболее преуспевающих по естественным наукам,—такие у нас есть,—и повести с ними более углубленные занятия, а это вполне возможно: лаборатории и кабинеты в университете Свердлова совсем не плохи и руководители есть. Из этой группы можно было бы создать превосходных лекторов и борцов на нашем новом

идеологическом фронте. Эти же товарищи оказали бы нам большую помощь при антирелигиозных выступлениях. Тов. И. И. Степанов не раз указывал, что параллельно с антирелигиозными выступлениями для более прочного успеха необходимы лекции по естественным наукам. Таким образом затрата времени и сил на такое дело была бы крайне производительной.

Наконец, третий вывод, который сам собой напрашивается— это строгая оценка наших спецов и приискание им соответствующей работы. У нас есть люди науки, которые, как ученые, могут быть нам очень полезны, но как преподаватели не годятся; они не могут преодолеть неприязненного чувства к пролетарской аудитории и, наконец, как мы только что видели, движимые классовыми побуждениями, могут нарочно фальсифицировать науку. Это вопрос очень трудный, сложный, но его нам не миновать. Мы до сих пор не научились оценивать научных работников по их фактической работе, хотя на II съезде нашей партии и был выдвинут лозунг „подбор людей и проверка работы". Но в этом вопросе нужна сугубая осторожность, тут, как нигде, придется руководиться пословицей—семь раз прикинь, раз отрежь. А между тем, у нас есть признак некоторой паники; мне довелось, например, слышать от некоторых товарищей, будто даже в Свердловском университете преподают „буржуазное естествознание". Не только в Свердловском университете, где беспартийные профессора и преподаватели действительно не за страх, а за совесть ведут работу, а и в других ВУЗ'ах много профессоров-преподавателей для нас крайне ценных. Наша задача должна состоять в том, чтобы смахнуть с науки ей же самой мешающую буржуазную накипь, а не в том, чтобы взять на подозрение все те громадные научные ценности, которые нам остались от дряхлеющего буржуазно-капиталистического мира. Такая подозрительность равносильна панике, а паника явление опасное. Поэтому как бы здорово ни было то чувство, которое охватывает некоторых из наших товарищей, увидевших первые схватки на нашем новом идеологическом фронте, увидевших ту фальсификацию науки, о которой у нас была речь, мы можем и теперь и на этом фронте призвать к самообладанию и, отдавая себе полный отчет в тех опасностях, которые грозят нам,—повторить давно знакомые слова, не раз облетавшие Советскую Россию: „не сдадимся, выдержим, победим".

VII.

Теория „квант“ и современная физика.

27 апреля 1900 года лорд Кельвин, один из величайших представителей естествознания, уходившего в область прошлого XIX века, прочел в Лондонском Королевском Институте лекцию, носившую несколько сентиментально-поэтическое заглавие: „О тучах, появившихся в конце XIX столетия и нависших над динамической теорией тепла и света“.

С первых же слов этой замечательной лекции выяснилось, что речь будет итти о двух противоречиях, которые к концу XIX столетия наметились со всей отчетливостью в учении о свете и тепле, и которые никак не удавалось разрешить...

Теперь, 23 года спустя, мы еще не можем сказать, что вполне готовы отвечать на все поставленные тогда вопросы, но, во всяком случае, мы без всяких колебаний, подражая стилю Кельвина, можем сказать: одна из этих туч разразилась принципом относительности, другая—теорией „квант“.

Первое событие произошло в 1905 году, когда в „Annalen der Physik“ была напечатана статья А. Эйнштейна, второе событие случилось несколько раньше—в том самом 1900 году, когда Кельвин прочел свою лекцию. Надо, впрочем, оговориться, что когда появилась работа берлинского профессора Макса Планка, в которой было сделано предположение, что свет и вообще лучистая энергия выделяется ее источником не сплошным и непрерывным потоком, а в виде ряда следующих друг за другом взрывов—строго определенными по величине „порциями“ или „квантами“, то еще не было ясно, что эта новая теория—быть может, наиболее революционная из когда-либо появлявшихся на почве физики—захватывает, даже с избытком, ту область, которую Кельвин назвал „второй тучей“.

Приходится только удивляться проницательности великого физика, который на склоне своих дней [1]) отчетливо увидал, куда

[1]) Кельвину в это время было 76 лет.

направится научная мысль в ближайшие десятилетия наступившего XX столетия.

Судьба этих двух новых теорий оказалась весьма различной. Кто в наше время не слыхал о теории относительности и не подержал в руках одной из бесчисленных книжек, распространяющих вкривь и вкось это учение? С другой стороны, можно спросить: много ли найдется не-специалистов, которые хоть что-нибудь слышали о теории квант кроме туманных намеков?

Спросите теперь специалиста, и он вам скажет, что нет ни одной области физики, куда бы не проникла теория квант: не овладев ею, физику невозможно следить за новыми успехами своей науки и в то же время даже такой горячий сторонник принципа относительности, как профессор Зоммерфельд, пишет: „в противоположность широко распространенному взгляду—влияние принципа относительности на реальное изучение природы весьма ограничено“... Вдумываясь в эти слова Зоммерфельда, мы, быть может, найдем объяснение, почему этим двум учениям был оказан такой различный прием, с одной стороны, у небольшой группы специалистов и, с другой, в более широких кругах мыслящего человечества.

В самом деле, чем меньше влияния оказывает какая-либо теория на реальное изучение природы, тем меньше фактов требуется, чтобы иллюстрировать эту теорию, чтобы ее обосновать в элементарном изложении, а это, ведь, крайне облегчает по существу нелегкую задачу популяризации. При популярном изложении принципа относительности можно очень быстро от скучных описаний деталей опытов перейти к отвлеченным, чисто-умозрительным рассуждениям о пространстве и времени, рассказ можно разнообразить фантастическими, реально неосуществимыми, мысленными опытами,—все это действует на воображение и легко удерживает внимание читателя или слушателя.

Ту же мысль подчеркивает и профессор Ричардсон в своей президентской речи на съезде британской ассоциации в 1921 году. Успех теории относительности, по его мнению, объясняется тем, что в ней хорошо знакомые всем и каждому понятия пространства и времени истолковываются „в очень приятной для весьма многих степени непонятным образом“.

Если же мы обратимся к теории „квант“, то перед нами сразу вырастет целый лес новых фактов, самых неожиданных сопоставлений: в одно стройное целое связываются целые области науки, не имевшие раньше ничего общего между собой. И вот если мы попытаемся дать хотя сколько-нибудь серьезное представление

о роли этой новой теории в современной физике, останавливаясь при этом только на наиболее существенных чертах, то нам придется погрузиться в самую гущу текущей работы современного физика,—в гущу его текущих мыслей, с их, быть может, мелкими будничными подробностями, без которых, однако, немыслимо уловить основного содержания. Вот почему так мало еще распространилась теория квант за пределы узкого кружка специалистов, и вот почему, вероятно, очень многим читателям и настоящий очерк покажется крайне скучным.

Едва ли не самая блестящая победа среди громадного числа других, уже одержанных теорией квант, состоит в применении этой теории к объяснению распределения спектральных линий в спектре водорода и к объяснению строения водородного атома. Первый шаг в этом направлении сделал датский физик Нильс Бор в 1913 году. Эта сторона теории особенно интересна потому, что она особенно наглядно показывает ошибочность философских взглядов Маха и Авенариуса, когда-то пользовавшихся успехом даже среди некоторых из физиков.

Но сначала несколько слов о спектральных линиях. Если мы рассматриваем при помощи спектроскопа свет, исходящий от светящегося газа не очень большой плотности, то мы вместо обычной полосы спектра, содержащего все цвета радуги, видим ряд узких светлых полосок различных цветов [1]), носящих название спектральных „линий". Таким образом светящийся газ дает не все составные части белого света, а лишь очень небольшое число областей в разных частях спектра, в который развертывается белый свет при его разложении призмой. Конечно, слово „линия" надо понимать условно, не в абстрактно-математическом смысле этого слова. Речь идет здесь об очень узкой области спектра в той или другой его части и соответственно этому спектральная линия имеет тот или другой цвет и воспринимается глазом или одним из наших искусственных способов открывать невидимые лучи (чувствительные термоэлектрические термометры, фотографические пластинки, светящиеся экраны и т. д.), которые мы употребляем для изучения инфракрасных и ультрафиолетовых невидимых частей спектра, непосредственно примыкающих к фиолетовому и красному краям видимого спектра.

Различию в цветности объективно соответствуют различия

---

[1]) Газы при известных условиях могут давать спектры с широкими светящимися полосами весьма сложного строения, называемые немцами „полосатыми спектрами" (Bandenspectrum), но в рассмотрение этих явлений мы вдаваться в настоящем очерке не будем.

в длинах волн, соответствующих этим цветам. Весь видимый спектр, начиная от темно-красного через оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и кончая фиолетовым, соответствует очень небольшому различию в длинах волн—от 7 до 4 десятитысячных долей миллиметра. Это очень хороший пример на переход количества в качество: все бесчисленные оттенки цветов радуги, дающие несомненно качественно различные ощущения и резко отличающиеся по своим разнообразным действиям, сводятся к малым непрерывным изменениям длины волны. Точность современных спектральных измерений так велика, что на указанном малом интервале мы в состоянии отмеривать и отличать друг от друга до 300.000 отдельных участков спектра.

Вообще надо сказать, что вопреки скептическому взгляду неспециалиста на световые волны, это такие величины, которые нам удается измерять с самой большой точностью с какой вообще человеку удавалось что-нибудь измерить. Для измерения длины волны употребляют в качестве единицы одну стомиллионную долю сантиметра, носящую название единицы Онгстрема. Выраженная в этих единицах длина волны, соответствующая красной линии водорода, изображается числом $\lambda = 6573{,}07$; таким образом измерять можно еще сотые доли единицы Онгстрема, т.-е. десятимиллиардные доли сантиметра.

Совершенно ясно поэтому, что мы, по выражению Зоммерфельда, можем говорить о „спектроскопической“ точности, которая во много раз превосходит всем хотя бы и по наслышке только известную, так называемую „астрономическую“.

Очень часто, однако, в спектроскопических исследованиях спектральная „линия“ характеризуется не длиной волны λ, а числом колебаний в секунду, вызывающих данные волны. Представим себе, что источник волн испускает эти волны непрерывно в течение секунды. За эту секунду свет успевает распространиться на 300.000 километров и, следовательно, все вышедшие за это время из данного источника волны уложатся одна за другой на этом громадном промежутке. Число волн мы узнаем, разделив $c = 300.000$ километров $= 3.10^{10}$ сантиметров (десять тысяч миллионов сантиметров) на длину одной волны λ (конечно, надо, чтобы обе величины были выражены через одни и те же единицы длины: сантиметры, метры или Онгстремовы единицы). Но это число $\nu = \frac{c}{\lambda}$, равное числу волн, выпущенных данным источником в секунду, равно числу колебаний, производящих эти волны в данном источнике, так как каждое

полное колебание производит одну волну с гребнем и долиной, подобно тому, как полный размах руки, держащей за один конец длинную веревку, вызывает в этой веревке одну полную волну.

Иногда в спектральных исследованиях берут не число колебаний ν или, что то же самое, число волн, выпущенных источником в одну секунду, а характеризуют данную спектральную линию числом волн, укладывающихся на одном сантиметре $\nu_1 = \frac{1}{\lambda}$, что равняется $\nu = \frac{c}{\lambda}$, разделенному на с. Эти сведения из области спектральной техники или, вернее, спектрального правописания нам сейчас же пригодятся.

Первые систематические исследования спектров светящихся газов и раскаленных паров наводили невольно на мысль, что между спектральными линиями, испускаемыми одним и тем же веществом, есть какая-то связь, т.-е. что эти спектральные линии образуют составленные по какому-то закону ряды, или, как их принято теперь называть, „серии". Между сериями, сходных между собой в химическом отношении элементов, также была установлена несомненная связь. Однако дальше эмпирических формул, лишенных какой бы то ни было теоретической базы, дело долго не подвигалось.

Первую эмпирическую формулу, связывающую в одно целое спектральные линии водородного спектра, удалось найти Бальмеру в 1885 году. По Бальмеру длины волн водородных линий λ или числа этих волн, приходящихся на один сантиметр, могут быть выражены следующей формулой:

$$\frac{1}{\lambda} = \nu_1 = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{k^2}\right) \ldots\ldots \text{(Б)},$$

где R—число = 109.677,69 или так называемая постоянная Ридберга, а k—ряд целых чисел начиная с трех. Это значит, чтобы вычислить длину волн λ или числа ν_1 надо по очереди вместо k подставлять 3, 4, 5 и т. д., умножать эти числа самих на себя, составлять дроби $\frac{1}{9}, \frac{1}{16}, \frac{1}{25}$ и т. д., вычитать их из $\frac{1}{2^2} = \frac{1}{4}$ и полученные результаты помножать на число R (постоянную Ридберга).

Насколько эта, сравнительно, простая формула, найденная Бальмером наудачу, хорошо изображает действительно наблюдаемые факты, показывает следующая таблица, в которой приве-

дены вычисленные по формуле Бальмера длины волн и в нижней строке приведены длины волн, непосредственно измеренные в спектре.

Число k	3	4	5	6	7	8	9
λ вычислена по Бальмеру	6563,07	4861,52	4340,64	4101,90	3970,24	3889,21	3835,54
λ наблюденная	6563,04	4861,49	4340,66	4101,90	3970,25	3889,21	3835,53

Маленькие отступления лежат в пределах неизбежных ошибок. Едва ли найдется другая область точного знания, где бы совпадения вычислений и наблюдений были так близки и где бы наблюдения могли производиться с такой изумительной точностью.

С точки зрения Маха и его последователей на этом наука и оканчивается. В самом деле, разве формула Бальмера не представляет собой „экономного описания“ явлений? Да притом еще какого точного! И однако физики, не исключая и тех, которые в свое время (да, может быть, и теперь) на словах соглашались с Махом, непрерывно делали попытки объяснить формально установленную зависимость между спектральными линиями в спектре водорода, т.-е. с точки зрения Маха погружались в „материалистическую метафизику“. Попытки эти долго не удавались, пока, наконец, в 1913 году Бору не удалось найти крайне оригинальное решение задачи.

Бор, прежде всего, попытался связать теорию спектральных линий с той картиной строения атома, которая наметилась к тому времени благодаря работам Томсона, Рутерфорда и их сотрудников. Модель водорода по Бору чрезвычайно проста: вокруг центрального, положительно заряженного ядра по круговой орбите вращается один отрицательно заряженный электрон. Модель напоминает планету с одним спутником, однако Бор делает следующее предположение: электрон в противоположность спутнику планеты движется не всегда по одной и той же орбите; для него существует целый ряд возможных, устойчивых, круговых орбит. Бор выбирает эти орбиты прямо удивительным образом: он допускает, что для устойчивой орбиты произведение из массы электрона m на скорость его движения по орбите v и на длину самой орбиты, т.-е. на длину окружности $2\pi a$, по которой происходит это „устойчивое“ движение, должно равняться целому числу некоторой постоянной величины h, носящей название

„постоянной Планка“. Читателя, которому последняя фраза может показаться тарабарской грамотой, можем утешить или встревожить—это, конечно, зависит от его настроения—что и для специалиста физика совершенно неясно, почему Бор так, а не иначе определил те орбиты, которым он приписал устойчивость. Правда специалист знает, что упомянутое произведение $mv\ 2\pi a$ есть так называемый „интеграл действия“, играющий большую роль в теоретической механике, но почему этот интеграл, который, как раньше думали, мог изменяться непрерывно, может принимать для устойчивых форм движения только определенные значения, кратные некоторого числа h, которое поэтому теперь часто называется „элементом“ или „квантом“ действия, пока—нам совершенно непонятно. Предположение Бора является весьма смелым, почти фантастическим допущением в том смысле, что мы не можем еще привести его в связь с известными нам законами механики или указать, где и как надо эти законы обобщить или изменить. Надо, впрочем, оговориться, что в теоретической механике еще недостаточно разработаны вопросы об устойчивых формах движения и не исключена возможность, что, начав углубленные исследования в области механики, начав изучать условия устойчивых форм движения, что еще пока не сделано в должной мере, мы найдем, наконец, связь между механикой и „квантовым условием“ Бора. Как бы то ни было, принимая гипотезу Бора и хорошо нам знакомые законы притяжения электрона положительным ядром, а также основные законы динамики Ньютона, мы очень легко получаем радиусы устойчивых орбит [1]). Радиусы эти от-

---

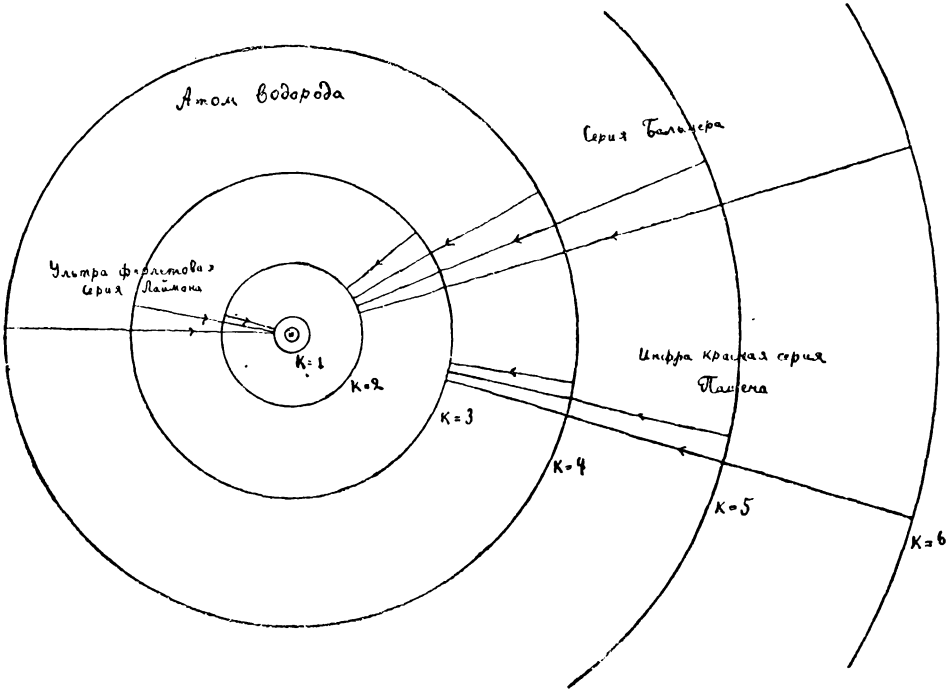
[1]) Для интересующихся приводим вывод. Если через ω мы обозначим угловую скорость движения электрона, то условие Бора можно переписать так: $2\pi ma^2\omega = kh$...(1), где k—целые числа 1, 2, 3 и т. д., дающие первую орбиту, вторую, третью и т. д. Уравнение движения, т.-е. равенство центробежной и центростремительной силы в данном случае выразится следующим образом: $ma\omega^2 = \frac{e^2}{a^2}$... (2) центробежная сила, по механике Ньютона, равняется массе на радиус круга и на квадрат угловой скорости. Центростремительная сила, в данном случае, есть сила притяжения электрона ядром, которая пропорциональна произведению зарядов (в данном случае по величине равных, но противоположных по знаку—ядро+, электрон—) и обратно пропорциональна квадрату расстояния, отделяющего электрон от ядра.

Второе уравнение дает $ma^3\omega^2 = e^2$... (2^1). Подставляя из первого уравнения $\omega = \frac{kh}{2\pi ma^2}$ в (2^1), находим $ma^3 \frac{k^2h^2}{4\pi^2m^2a^4} = e^2$, или $a = \frac{k^2h^2}{4\pi^2me^2}$... (3). Т.-е. радиусы последовательных кругов относятся как квадраты чисел k, определяющих порядок орбиты: первую, вторую и т. д.; другими словами, радиусы устойчивых орбит относятся между собой, как числа 1 : 4 : 9 :16 : 25...

носятся как квадраты ряда натуральных чисел: 1, 2, 3, 4, 5..., т.-е. как числа: 1, 4, 9, 16, 25... На прилагаемом чертеже 1 радиусы начерченных кругов взяты как раз в этом отношении.

Далее Бор делает следующее предположение: когда электрон вращается по любой из устойчивых орбит—он не излучает энергии, тогда как по электромагнитной теории света всякий электрический заряд находящийся в колебательном движении,—а здесь, ведь, мы имеем случай круговых колебаний,—должен излучать энергию, должен испускать волны видимого света или какой-либо группы невидимых лучей, смотря по частоте колебаний и связанной с этой частотой длиной волны. Вот это и есть то отрешение от наших старых воззрений, которое так сильно отпугивало на первых порах более осторожных ученых от этой новой теории. Надо, впрочем, отметить, что многие сторонники теории „квант" действительно немного легкомысленно относятся к этому вопросу. Ведь, если, в данном случае, мы встречаемся с противоречием электроматнитной теории света, оправдавшейся и оправдывающейся в тысячах случаев, то ясно, что надо в этом вопросе разобраться, надо постараться выяснить границы ее приложимости, посмотреть, чем и как ее надо дополнить. Во всяком случае, нельзя ограничиваться простым констатированием факта, а такая тенденция—не будем скрывать от себя—среди физиков довольно распространена. На вопрос—когда же получается излучение, когда же, собственно, та модель, которую мы сейчас разбираем, излучает свет—дает начало тем спектральным линиям, которые так хорошо зарегистрированы формулой Бальмера, Бор дает удивительный ответ: изучение происходит тогда, когда электрон с одной устойчивой орбиты перескакивает на другую! Эту совершенно новую, революционную в теории строения атома и в теории излучения, мысль—мысль исключительно смелую—Бор выражает формально самым обычным уравнением закона сохранения энергии. Проследим ход его мысли. Раз мы, хотя и необычным путем, но все-таки установили радиусы устойчивых орбит и раз мы допускаем, что силы, действующие между ядром и электроном, те же самые, какие знал еще Кулон, то этим уже определяется скорость движения электрона, а стало быть, и его энергия. Простой подсчет, в детали которого мы входить здесь не можем, показывает, что энергия обратно пропорциональна квадрату числа k, которым мы определяем порядок орбиты (см. черт. 1). Выражение энергии имеет вид, как показывает вычисление $U_k = C - \frac{B}{k^2}$... (э),

где C наибольшая энергия, которую может иметь электрон, это будет в том случае, когда он находится очень далеко от ядра атома—теоретически бесконечно далеко. В самом деле, так как электрон притягивается ядром, то когда мы его удаляем от ядра—мы производим работу против силы притяжения; при этом мы сообщаем ему энергию, так же точно, как, поднимая гирю часов над уровнем пола нашей комнаты, мы сообщаем ей энергию и тем



Черт. 1.

Модель атома водорода по Бору. На чертеже изображены устойчивые орбиты электрона. При перескакивании с орбиты на орбиту электрон излучает лучистую энергию — дает „серии“ спектральных линий. На чертеже указано, какие орбиты соответствуют той или другой „серии“. Чтобы составить понятие об истинном размере, орбит укажем, что радиус первой орбиты, соответствующей $k = 1$, равняется $0{,}532.10^{-8}$ сантиметра, т.-е. немного больше пяти миллиардных долей сантиметра!

большую, чем выше мы ее подняли. Этим запасом энергии мы „заводим часы“. Чем дальше орбита от центра, тем больше k (см. черт. 1), тем меньше вычитаемое в выражении (э) $-\frac{B}{k^2}$ и тем больше энергия электрона, U_k. Таким образом „сам собой“, т.-е. без заимствования энергии из какого-либо внешнего источника, электрон может перескакивать только с одной из внешних орбит

на какую-либо внутреннюю; обратный переход возможен при затрате энергии извне; например, когда на атом налетает другой атом и выбивает электрон с внутренней орбиты на какую-либо из наружных; или когда волна лучистой энергии, идущая извне, подхватит электрон и вытолкнет его из прилежащей к ядру области атома.

Эти процессы поглощения энергии „заводят машину“ — сообщают ей энергию, которую она может потом растрачивать при перескоках электрона с внешних орбит на внутренние.

Так как энергия электрона при переходе от наружных орбит к внутренним уменьшается, то при этих перескоках электрона на внутренние орбиты должна освобождаться энергия — по Бору это и есть лучистая энергия, соответствующая той или другой спектральной линии.

Подсчитаем, как выразится эта излучаемая энергия при перескоке электрона с любой орбиты порядка k на вторую. Для этого из выражения $U_k = C - \frac{B}{k^2}$ надо вычесть такое же выражение, в котором k заменено 2, т.-е. $U_2 = C - \frac{B}{4}$. Разность будет равна $U_k - U_2 = B\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{k^2}\right)$. Далее Бор делает второе „квантовое“ предположение: вычисленная сейчас разность энергии должна равняться „элементу энергии“, или „кванту энергии“ $h\nu$, где h — та же постоянная, что и в первом условии, а ν — число колебаний, соответствующее той или другой спектральной линии; таким образом разность энергии, зависящая от того, из далекой или близкой орбиты перепрыгнул на данную орбиту электрон, определяет число колебаний, соответствующее данной спектральной линии.

В теории „квант“, следовательно, предполагается, что всякая лучистая энергия выделяется не сплошным и непрерывным потоком, а порциями или „квантами“, размеры которых зависят от числа колебаний; так, например, частые колебания, соответствующие фиолетовым лучам, дадут большие кванты $h\nu$ — у них ν большое; в красной же части спектра кванты будут меньше, потому что красные волны длиннее и число колебаний, соответствующее им, будет меньше.

Итак, по Бору, „второе квантовое условие“ выражается так: $h\nu = B\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{k^2}\right)$, т.-е. энергия, излученная электроном при перепрыгивании с орбиты порядка k на вторую равняется избытку

энергии, которую он имел на своей прежней орбите по сравнению со второй.

По внешней форме написанное только что равенство есть самое скромное уравнение энергии! Если мы всмотримся в это второе квантовое условие Бора, мы увидим, что оно выражается формулой Бальмера. В самом деле, разделив полученное равенство на h, мы получаем $\nu = \frac{B}{h}\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{k^2}\right)$, а разделив еще на скорость света, т.-е. рассчитав сколько волн укладывается на одном сантиметре (см. выше), мы находим формулу Бальмера $\nu_1 = \frac{B}{ch}\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{k^2}\right)$, только раньше у нас вместо $\frac{B}{ch}$, стояла постоянная Ридберга R.

Всякий, специально физикой не занимавшийся, читатель готов уже сказать: „для чего было огород городить!". Ведь, мы пришли к той же самой формуле Бальмера. А сколько тут было гипотез и не прав ли, в самом деле, Мах, когда он говорил, что всякая попытка выяснить механизм явления — праздная фантазия?

Не будем однако торопиться, посмотрим, какие преимущества дает нам теория Бора. Прежде всего, постоянная Ридберга в теории Бора связывается с целым рядом величин, которые мы можем измерять независимым способом. Из последней формулы, выражающей второе квантовое условие, следует, что если эта формула тождественна с эмпирической формулой Бальмера, то постоянная Ридберга $R = \frac{B}{ch}$, где постоянная B входит в выражение энергии электрона $U_k = C - \frac{B}{k^2}$, и может быть выражена через массу электрона, его заряд и постоянную h. Вычисления показывают, что $R = \frac{2\pi^2 me^4}{h^3 c}$, где m — масса электрона, e — заряд, h — планковский „квант действия" и c — скорость света.

Когда в эту формулу были подставлены известные нам величины m, e, h и c, то получилось число 109.000, число, поразительно близкое к постоянной Ридберга, найденной эмпирически — 109.677,69. Необходимо ведь помнить, что величина заряда, массы электрона и кванта действия не могут быть измерены даже с малой долей той точности, какую допускают спектральные измерения, а кроме того величину заряда, а также и кванта действия приходится умножать самих на себя, как показывает только что приведенная формула несколько раз, вследствие чего во столько же раз возрастают и ошибки, допущенные

во время измерения. Вот почему лучшего совпадения нельзя было и ожидать.

Результат этого вычисления был первой победой теории Бора, так как утверждение скептика, что совпадение „случайно“ столь же основательно, как утверждение, что несколько сотен букв типографского набора могут случайно сами собой сложиться в какое-нибудь стихотворение и при том настоящее — не футуристическое!

Но этот успех теории далеко не единственный. По только что изложенной теории „спектральная серия“ Бальмера получается при перескакивании электрона с любой внешней орбиты на вторую. Раз мы составили себе совершенно определенную картину строения атома водорода (см. рис. 1), то эта картина невольно начинает подсказывать нам и дальнейшие мысли. Мы невольно задаем вопрос: нельзя ли подсчитать, какая „серия“ линий получится, если электрон будет перескакивать не на вторую орбиту, а, скажем, на первую или третью? Вот эти мысли, которые нам подсказывает конкретная, придуманная нами модель, и являются могучим орудием дальнейших исследований. Поэтому всякий активно работающий исследователь ценит теории, пользующиеся определенными конкретными моделями гораздо больше, чем „чистые описания“ Маха и его поклонников.

Подсчет показывает, что перескакивание на первую орбиту дает нам серию линий с большей частотой, так как выделяемая энергия будет больше, а следовательно, и „кванты“ лучистой энергии должны быть больше; больше будет и частота колебаний.

Мы получаем сходную с Бальмеровской формулу $\nu_1 = R\left(\frac{1}{1}-\frac{1}{k^2}\right)$, где k целые числа, начиная с 2, а в первом члене в скобках стоит 1 вместо $2^2 = 4$.

Эти линии лежат в ультрафиолетовой части спектра и все до единой были найдены на тех же местах, как предсказывает теория, Лайманном и Милликаном!

Точно также подсчет перескоков электрона на третью по счету орбиту дает серию линий, лежащих в инфракрасной части спектра, непосредственно глазу невидимой.

И эта серия, выражаемая формулой $\nu_1 = R\left(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{k^2}\right)$, была обнаружена на опыте Пашеном с помощью исследования инфракрасной части спектра чувствительными электрическими термометрами-термоэлементами. Объяснять и этот результат „случайным совпадением“ едва ли кто решится.

Можно ли однако распространить теорию Бора на другие атомы? На этом пути возникают громадные трудности вследствие того, что число электронов, кружащихся вокруг центрального ядра, возрастает по мере того, как мы переходим к атомам большего атомного веса, чем водород. Но один атом должен быть по своей структуре очень близок к водороду — это так называемый ионизованный атом гелия. У гелия предполагается ядро с двойным положительным зарядом по сравнению с зарядом водородного ядра и вокруг него кружатся два электрона. В целом ряде процессов, например, при столкновении с другими атомами при действии лучей Рентгена, от любого атома, в том числе и от атома гелия, можно отщепить по одному или по несколько электронов. Рассмотрим случай, когда из атома гелия выбит один электрон. Тогда получается полная аналогия водородному атому, только ядро вдвое более сильно заряжено. Так как, по теории Бора, Ридбергова постоянная R зависит от второй степени заряда электрона и ядра в отдельности, то увеличение вдвое заряда должно повлечь увеличение вчетверо постоянной R, т.-е. мы должны получить формулы вида $\nu_1 = 4R\left(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{k^2}\right)$ для электрона, перескакивающего на третью орбиту и $\nu_1 = 4R\left(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{k^2}\right)$ для электрона, перескакивающего на четвертую орбиту с любой орбиты, начиная с четвертой в первом случае и начиная с пятой во втором.

Если мы во втором из приведенных рядов положим $k=6$, т.-е. подсчитаем, какая частота колебаний должна получиться при перескакивании электрона в ионизованном атоме гелия с шестой орбиты на четвертую, мы получим $\nu_1 = 4R\left(\frac{1}{16}-\frac{1}{36}\right)$, или, сокращая дроби на 4, находим $\nu_1 = R\left(\frac{1}{4}-\frac{1}{9}\right) = R\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{3^2}\right)$, т.-е. получается Бальмеровская линия для водорода, соответствующая перепрыгиванию электрона с третьей орбиты на вторую. Такое же совпадение с Бальмеровскими линиями получится в ряде $\nu_1 = 4R\left(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{k^2}\right)$ для всех орбит, для которых k^2 делится на 4, т.-е. для шестой, восьмой, десятой и т. д.

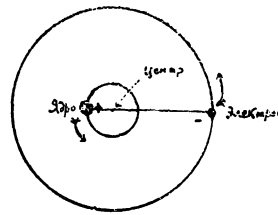
Усовершенствованные методы спектральных исследований показали, однако, что полного совпадения не получается. В следующей таблице приведены длины волн для ионизованного гелия, а рядом в столбце указаны водородные линии. Эта

таблица взята из работы Ф. Пашена („Annalen d. Physik“ 1916, t. 50, p. 901).

Получается вывод, что Ридбергова постоянная R не совсем одна и та же для гелия и водорода, а между тем по теории Бора она должна совпадать. Таким образом более тщательные измерения приводят как будто к опровержению теории Бора.

К	Ионизованный Гелий He +	Водород H.
6	6560,1	6562,8
7	5411,6	—
8	4859,3	4861,3
9	4561,6	—
10	4338,7	4340,5
11	4199,9	—
12	4100,0	4101,7

История разрешения этого противоречия и вместе с тем новая победа теории Бора являются блестящим примером диалектического процесса. Еще задолго до работ Бора было установлено, что постоянная Ридберга, входящая в формулу Бальмера, входит также и в эмпирические формулы, установленные для спектральных серий, относящихся к целому ряду химических элементов,— теория Бора объясняет это совпадение, а более тщательные измерения опровергают это объяснение! Тезис переходит в антитезис. В чем же будет состоять синтез? Бор обратил внимание, что его модель, рассмотренная сейчас нами, не удовлетворяет основам ньютоновой механики. Действительно, мы ведь предполагали, что электрон вертится вокруг ядра; по Ньютону, такое движение невозможно, по Ньютону, и ядро и электрон должны вертеться вокруг общего центра тяжести; так же, как нельзя утверждать, что луна ходит вокруг земли: в действительности и луна и земля вращаются вокруг общего центра тяжести, который лежит гораздо ближе к земле, чем к луне, так как масса



Чер 2.

земли больше массы луны. Для электрона и ядра неравенство масс еще более резко выражено, чем в случае земли и ее спутника. На черт. 2 изображено схематически движение электрона и ядра по Ньютону.

Если повторить все вычисления с этой поправкой, то прежнюю Ридбергову постоянную приходится заменить выражением $R_1 = \frac{R}{1 + \frac{m}{m_1}}$, где R — прежняя Ридбергова постоянная, m — масса электрона, а m_1 — масса ядра атома. Для гелия отношение $\frac{m}{m_1}$ должно быть в четыре раза меньше, чем для водорода, так как атомный вес гелия в четыре раза больше атомного веса водорода. Таким образом постоянная R^1 должна быть немного больше для гелия, чем для водорода, и действительно, из опытов Пашена мы получаем для гелия, $R^1_{He} = 109722{,}144 \pm 0{,}04$ ($\pm$ относится к вероятной ошибке в измерениях Пашена) и для водорода $R^1_H = 109677{,}691 \pm 0{,}06$.

Синтез, следовательно, в рассматриваемом диалектическом процессе заключается в том, что более детальная теория как раз и должна отрицать тождество постоянной Ридберга для всех спектральных серий, принадлежащих различным элементам. Весьма характерно, что и в усовершенствованную теорию входит старая постоянная Ридберга и притом она сохраняет свое значение во всех случаях. Таким образом первоначальное утверждение, основанное на менее точных наблюдениях и на упрощенной теории, в известном, более ограниченном смысле, сохраняется. Если бы этого не было, то было бы невозможно вообще никакое познание природы. Каждый новый шаг в науке дополняет, изменяет и развивает предшествующие достижения, но он никогда, если можно так выразиться, их начисто не отменяет; иначе, ведь, невозможно было бы никакое развитие науки; мы все время топтались бы на месте. Приведенный пример обобщения теории Бора поучителен между прочим в том отношении, что он нас предостерегает от презрительно-легкомысленного отношения к ньютоновой механике, что в последнее время стало даже как будто признаком хорошего тона. Конечно, не следует основным положениям Ньютона придавать абсолютно незыблемый метафизический характер; быть может дальнейшее развитие той же теории квант покажет, где и как придется обобщить или дополнить Ньютонову механику. Но это нисколько не мешает применять ее и притом, как мы сейчас видели, с громадным успехом для разрешения многих и многих вопросов и противоречий, с ко-

торыми мы сталкиваемся при решении текущих задач современной физики.

Если мы сравним между собой только что приведенные постоянные R^1 для водорода и для гелия, то из этих данных можно подсчитать во сколько раз атом водорода тяжелее электрона. Получается число $\frac{m_1}{m} = 1847$, т.-е. получается то же самое число, которое получалось совершенно другим способом из опытов с так называемыми „катодными лучами".

Это новое подтверждение является новым громадным успехом теории Бора. Скептикам, утверждающим, что все это случайные, удачные совпадения, можно ответить, подражая фельдмаршалу Суворову: „удача, удача — помилуй бог, когда-нибудь ведь, наконец, и умение!".

Дальнейший шаг в развитии теории был сделан Зоммерфельдом; он сделал предположение, что, так же как и в движениях планет, в движениях электрона в атомной системе могут быть не только круговые орбиты, но и орбиты эллиптические.

Эти орбиты вычисляются по обобщенным „квантовым" правилам Бора и в значительной части дают мало нового: при перескоках электрона с эллиптических орбит на круговые количества выделяемой энергии, как правило, оказываются те же самые, что и для соответствующих им круговых орбит. Но некоторые из эллиптических орбит оказываются сильно вытянутыми, и кроме того одной своей частью они близко подходят к ядру, как это видно, например, на схематическом черт. 3. В этих частях движение электрона сильно ускоряется, так же как это происходит и для планетных движений; а при больших скоростях возрастает масса электрона [1]). Отсюда вытекает следствие, что выражение энергии для этих орбит будет, хотя и очень мало, отличаться от выражения энергии для круговой орбиты, соответствующей данному эллипсу. Поэтому при перескакивании электрона с такой эллиптической орбиты на какую-нибудь круговую будет освобождаться несколько иное количество энергии, чем

[1]) Об изменении массы со скоростью см. А. Тимирязев „Опровергает ли современная электрическая теория материи материализм?"—„Под Знаменем Марксизма", 1922, № 4; настоящий сборник—см. стр. 87.

В связи с излагаемой работой Зоммерфельда часто приходится слышать, что в этом случае получено блестящее оправдание принципа относительности. С этим едва ли можно согласиться, так как зависимость между массой и скоростью, вытекающая из принципа Эйнштейна, получается и другими способами. Таким образом правильнее было бы сказать, что приводимые здесь факты не противоречат теории Эйнштейна.

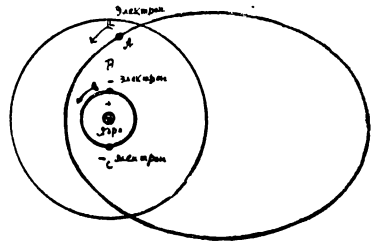
при перескакивании с круговой на круговую, а это должно сказаться в изменении числа колебаний испускаемого света. Таким образом, хотя большинство вычисленных Зоммерфельдом эллиптических орбит и не вносит ничего нового, так как каждой эллиптической орбите соответствует какая-либо круговая с одинаковой энергией движущегося по ней электрона, но в тех случаях, когда эллипс оказывается сильно вытянутым, вследствие изменения массы от увеличившейся при прохождении вблизи ядра скорости электрона, получается небольшое различие. Это приводит к тому, что некоторые из линий водорода должны представлять собой группу линий для значительной части наших спектроскопов, сливающихся в одну. В 1916 году эта теоретически предсказанная Зоммерфельдом сложная структура спектральных линий водорода была подтверждена измерениями Ф. Пашена, воспользовавшегося самыми сильными спектроскопическими приборами и являющегося едва ли не самым искусным спектроскопистом на всем земном шаре.

Из приведенных данных видно, что водородный спектр и спектр ионизованного гелия изучены сейчас во всех подробностях и что многие из этих деталей были выведены теоретически, прежде чем их увидал человеческий глаз. И вот теперь уместно снова поставить вопрос, могли ли бы мы узнать все это, пользуясь методом „описания“, как этого требует Мах? Можно ли было бы предсказывать факты, не изучая движений электронов? А ведь, по Маху, изучение электронов равносильно изучению „шабаша ведьм“!

В связи с изложенной теорией Бора необходимо указать на замечательные работы проф. Д. С. Рождественского, указавшего путь, по которому можно распространить теорию Бора и Зоммерфельда на другие элементы, с более сложным образом построенными атомами.

Разбираясь в целом лесе эмпирических формул, выражающих спектральные серии щелочных металлов: лития, натрия, калия и цезия, у которых, по целому ряду соображений, должно быть по несколько орбит с движущимися по ним электронами (при чем у всех этих элементов на наружной орбите должен быть, также как и у водорода, только один электрон), Рождественскому удалось установить соответствие между спектральными линиями этих элементов и водородом: число спектральных линий оказалось во всех случаях одинаковым. Это навело Рождественского на мысль, которая иллюстрирована на черт. 3. Орбиты наружного электрона, как круговые, так и эллиптические, построены

по тем же законам, как и водородные. Различие состоит в том, что в центре атома мы имеем не одно ядро, а ядро, окруженное кольцами, по которым движутся электроны—и для этих электронов можно рассчитать, по Бору, большое число устойчивых орбит, но этого мы пока касаться не будем. На черт. 3 мы имеем одно кольцо с двумя электронами; это как раз имеет место в атоме лития, детально изученном Д. С. Рождественским.



Чер. 3

Из чертежа ясно, что когда наружный электрон A проходит мимо кольца BC, то электроны B и C должны „возмущать“ своими отталкивательными силами движение электрона C, на подобие того, как пути малых планет „возмущаются“ планетой Юпитер. Таким образом спектр любого щелочного металла можно представить себе как спектр водорода, более или менее искаженный возмущениями внутри лежащих электронов; при этом, конечно, степень „искажения“ определяется близостью данной орбиты к внутренним кольцам, по которым движутся электроны, а также числом и размерами этих колец и числом находящихся на них электронов.

Приводим ряд чисел, взятых из работы Рождественского, с помощью которых вычисляются величины энергии электрона на орбитах различных порядков, и которыми можно охарактеризовать эти орбиты. В следующей таблице сопоставлены данные для натрия и для водорода.

Порядок орбиты к. . .	9	8	7	6	5	4	3	2
Орбиты водорода . . .	135	171	224	305	439	685	1219	2742
Орбаты натрия	131	165	215	301	415	640	1118	2479

Отсюда видно, что более далекие от ядра орбиты—орбиты более высоких порядков—„возмущаются“ или „искажаются“ в меньшей степени, чем те, которые или всеми своими частями, или отчасти—если это орбиты вытянутые—лежат вблизи ядра и окружающих его внутренних колец с движущимися по ним

электронами. Таким образом уже намечен путь к изучению спектров атомов, построенных более сложно, чем водород.

Попытаемся, однако, вникнуть, к чему собственно сводится по этой новой теории процесс излучения, в тех именно случаях, когда спектр состоит из ряда отдельных полос или линий? Для того, чтобы испускать свет, атом должен накопить энергию— эта энергия черпается извне или из той энергии поступательного движения, которой атом обладает и которая при столкновении с другим атомом передается его наружному электрону.

Участвующий в этом процессе электрон переводится на все более и более удаленную от ядра орбиту. На этой орбите электрон кружится и не излучает, почему—пока это еще нам неясно, далее: в результате более или менее длительного процесса, нам пока еще также неизвестного, создаются условия, при которых наступает скачок, и электрон, выделяя, как при взрыве определенного количества взрывчатого вещества, определенное количество лучистой энергии в виде вереницы волн, перелетает на другую, при данных условиях более устойчивую орбиту, более близкую к ядру атома. По опытам В. Вина, длина вереницы эфирных волн, соответствующей одному кванту энергии, все равно каково бы ни было число колебаний, вызывающее эти волны, приблизительно равна 10 метрам. То, что мы наблюдаем глазом или при помощи спектроскопа—это как раз „скачки" или взрывы: их собственно мы и рассчитываем по методам, предложенным Бором. В теории спектральных линий, следовательно, мы имеем прекрасный пример, как непрерывное развитие приводит к скачкам, но ввиду того, что мы еще не вооружены пока такими средствами, которые позволили бы нам видеть весь атом как у себя на ладони, для нас еще неясно, что собственно происходит в промежутке между этими скачками или взрывами. Наши средства наблюдения настолько еще грубы, что мы в атомном мире можем заметить одни только „революции", подготовка же к ним пока еще ускользает от наших глаз.

В нашем очерке теории спектральных линий мы могли коснуться только части вопроса; в настоящее время физики располагают богатейшими данными в области так называемых рентгеновских спектров. Различные химические элементы, подвергаемые бомбардировке электронов в так называемых „катодных лучах", т.-е. потоках быстро движущихся электронов, дают начало лучам Рентгена и притом, на-ряду со спектром сплошным, непрерывным, получаются сложные системы спектральных линий.

Длина волн, соответствующих этим линиям, во много раз короче лучей видимого спектра и ультрафиолетовых. Законы распределения этих линий в спектре объясняются совершенно таким же способом, как и водородный спектр в модели Бора. Только перескакивания электронов происходят на орбитах, расположенных вблизи самого ядра; в этих процессах играют роль электроны, кружащиеся по внутренним, более близким к ядру орбитам — близким по сравнению с теми, по которым движутся электроны, дающие видимый глазу свет.

Переходим теперь к другой группе явлений, к так называемому фото- или актиноэлектрическому явлению [1]). Явление состоит в следующем. Если осветить хорошо вычищенную пластинку какого-либо металла [2]) лучами света—особенно сильно действуют в этом случае лучи фиолетовые и ультрафиолетовые—то металл заряжается положительным электричеством. Объясняется это тем, что с поверхности металла под действием света выделяются электроны. В атомах металлов некоторые электроны легко отделяются от атома и свободно двигаются в промежутках между атомами, чем и объясняется большая электропроводность металлов. Исследования показали, что скорость, с которой электрон вылетает с поверхности металла, зависит от числа колебаний того света, при помощи которого получается самый эффект, и совершенно не зависит от напряжения или силы света, т.-е. от энергии падающих лучей. Чем число колебаний больше, тем больше скорость и, следовательно, энергия вылетающего электрона. От напряжения света зависит только число испускаемых электронов. Закон, связывающий скорость электрона с числом колебаний луча, был установлен Эйнштейном на основании теоретических соображений, от которых он потом сам отказался; но закон этот оправдался на опыте с замечательной точностью. Выразить этот закон можно следующей формулой:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (Э)$$

Здесь мы имеем дело с тем же „квантом энергии“ $h\nu$, который сообщается электрону волнами лучистой энергии частоты ν. Эта энергия превращается в кинетическую энергию электрона, выле-

---

[1]) Основные законы этого явления, а также методы исследования были установлены в Москве покойным проф. А. Г. Столетовым в девяностых годах XIX столетия.

[2]) Для демонстрационных целей особенно удобно пользоваться цинком.

тешего с поверхности металла $\frac{mv^2}{2}$ (m—масса, v—скорость электрона), при чем часть энергии, доставленной лучом, затрачивается на работу A, которую надо произвести, чтобы извлечь электрон из металла. Кинетическую энергию мы измеряем по скорости вылетающих электронов методом, который был разработан Дж.-Дж. Томсоном еще в 1896 году. Масса электрона нам известна, а „квант“ hv определяется тем светом, при помощи которого мы производим опыт.

Получается очень наглядная картина. Чтобы вызвать выделение электрона—новое качество, требуется, чтобы в атоме накопилась энергия до некоторого количества hv. Самый процесс имеет характер взрыва: с металлической поверхности вылетает снаряд-электрон, движущийся с громадной скоростью.

Если мы возьмем меньшую частоту колебаний, т.-е. возьмем луч ближе к красному концу спектра—это будут волны с меньшей частотой v—, то у нас может оказаться, что этого небольшого кванта будет недостаточно, чтобы извлечь электрон из данного металла: условие $hv^1 = A$ определяет для данного металла границу в спектре со стороны длинных волн, за которой прекращается всякое актиноэлектрическое действие. Граница эта очень хорошо наблюдается на опыте: она чрезвычайно резко выражена. Далее общее количество падающей энергии определяет собой число „квант“ или порций, а следовательно, число освобождаемых электронов, но так как для каждого электрона требуется определенное количество энергии: именно один квант, то каково бы ни было наличное количество энергии, электрон выделится только тогда, когда в соответствующем атоме наберется требуемое количество энергии hv.

Эти исследования были с замечательным искусством выполнены в Америке Р. Милликаном 1918 году. Одно из главных затруднений состоит в необходимости тщательно чистить поверхности металлов. Для этой цели Милликан в том самом приборе, в котором производились опыты и из которого выкачивался воздух самыми лучшими из имеющихся сейчас насосами-помещал вспомогательный прибор, обтачивавший в безвоздушном пространстве металлические поверхности. Милликан в шутку называет этот прибор, находящийся в запаянном стеклянном сосуде и приводимый в движение вращающимся снаружи электромагнитом: вакуум—токарный станок!

В последнее время описанный метод был применен с большим успехом к извлечению электронов из более глубоких частей ато-

ма. Для этого приходится освещать металлические поверхности лучами более короткой длины волны—лучами Рентгена. Для них частота ν больше, а следовательно больше и „квант“ энергии, и его хватает, чтобы вывести электрон из какой-либо внутренней орбиты, т.-е. из той области атома, которая сама дает рентгеновский спектр.

Различие с фотоэлектрическим эффектом для видимого света заключается в том, что там энергия, потребная для выделения электрона A, была одна и та же—это были электроны легко отщепляющиеся от атома или электроны свободные; здесь же энергия A, зависит от того, с какой орбиты данный „квант“ выбивает электрон. Поэтому кванты одного и того же размера $h\nu = A_k + \frac{mv^2_k}{2}$ могут дать электроны с различными скоростями, смотря по тому, откуда они их выбили.

Таким образом, освещая металл лучами Рёнтгена одной и той же частоты ν, т.-е. посылая одни и те же „кванты“ $h\nu$, мы получаем несколько потоков электронов с различными скоростями, измеряя которые мы можем определить A_k, энергию, потребную, чтобы удалить электрон с той или другой орбиты порядка k. Этот прием, разработанный Видингтоном и Де-Брольи, и позволяющий независимо от спектральных исследований, по одним только скоростям электронов, определять энергию электронов на орбитах внутри атомов, вызвал большой восторг на съезде Британской ассоциации осенью 1922 г.

Этими последними работами, как мы видим, устанавливается связь между актиноэлектрическим эффектом и теорией спектральных линий как самого Бора, так и теорией рентгеновского излучения, являющейся распространением — развитием теории Бора.

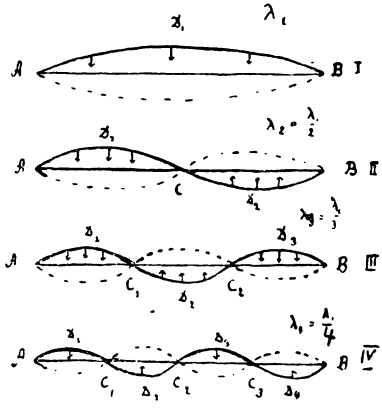
Рассмотрим теперь, как Макс Планк впервые пришел к выводу, что поток энергии, идущий от раскаленного тела, дающего непрерывный спектр, состоит из „квант“, а не представляет из из себя сплошного и непрерывного потока.

Представим себе ряд упругих шаров, находящихся в закрытом ящике, который встряхивают по всем направлениям. В тех хаотических движениях шаров с их столкновениями как друг с другом, так и со стенками ящика мы будем замечать одну закономерность: в среднем энергия поступательного движения будет для всех шаров одинаковая.

Этот результат лежит в основе многих выводов кинетической теории материи и был много раз проверен на опыте. Однако,

это положение, носящее название принципа равномерного распределения энергии, пытались возвести в какой-то непреложный догмат; между тем всякий диалектически мыслящий исследователь всегда должен иметь в виду, что любой установленный наукой вывод имеет свои границы приложимости, за пределами которых мы вынуждены будем вносить целый ряд поправок. Вот к такой-то границе подошел Макс Планк в 1900 году, когда он попытался применить этот закон к распределению лучистой энергии в непрерывном спектре.

Представим себе струну, натянутую между двумя гвоздями AB (см. черт. 4). Если мы приведем ее в колебательное движение, то может получиться один из типов движения, изображенный на рис. 4, или может получиться сложное движение, состоящее из наложения всех типов движения, изображенных на рис. 4 и им подобных.



Черт. 4.

Движения, изображенные на черт. 4, можно легко наблюдать на веревке, если привязать один конец ее к гвоздю, а другой раскачивать рукой. Тогда, в зависимости от частоты колебания руки, у нас появятся короткие или длинные „стоячие“ волны с неподвижными точками: c; c_1, c_2; c_1, c_3, c_3—узлами. Ясно, что на струне могут быть движения с такими длинами волн, у которых на протяжении струны укладывается целое число полуволн (на черт. 4 в случае I одна полуволна, в случае II—две и т. д.).

Если мы пойдем в сторону более коротких волн, то мы все чаще и чаще будем встречаться с возможными на данной струне типами колебаний. В самом деле, от длины волны λ_1 до $\frac{\lambda_1}{2} = \lambda_2$ нет такой волны, которая могла бы существовать на данной струне. Промежуток от λ_2 до λ_3 будет уже меньше, от λ_3 до λ_4 еще меньше и т. д.

Если мы ко всем этим типам волнообразных движений применим закон равномерного распределения энергии, то на короткие волны придется больше энергии, так как вообще установившихся движений с короткими волнами будет больше, чем с длинными.

Распространяя этот вывод на источник света, испускающий волны всевозможной длины, т.-е. дающий непрерывный спектр, мы приходим к выводу, что энергия в спектре возрастает непрерывно к ультрафиолетовому концу спектра и дальше. А, между тем, опыт показывает, что энергия в спектре по направлению к коротким волнам возрастает, достигает максимума [1]) и потом спадает.

Из этого противоречия Планк вышел следующим образом: на каждый тип колебаний, в зависимости от их частоты приходятся разные „кванты“ энергии и притом такие же, какие мы рассматриваем в теории Бора, т.-е. $h\nu$. Для того, чтобы в данном источнике волн могли появиться короткие волны, должно накопиться в нем относительно больше энергии, а это будет случаться реже. Таким образом, хотя число возможных типов движения с короткими волнами и больше, чем с длинными, но возникать короткие волны будут реже, так как для этого требуется большее скопление энергии. Рассуждая таким образом, Планк получил закон распределения энергии в спектре [2]), удивительно хорошо совпадающий с опытом!

Весьма интересно, что для длинных инфракрасных волн можно применять принцип равномерного распределения энергии без поправки Планка. Для длинных волн число колебаний будет мало, а следовательно, и „кванты“ будут маленькие, а следовательно, практически не будет различия между непрерывным распределением и распределением по „квантам“. Здесь количество переходит в качество: для длинных волн энергия распределяется непрерывно, для коротких — необходимо считаться с „квантами“ энергии.

В 1905 году Эйнштейн тем же путем устранил противоречие, с которым долго не могли справиться физики в учении о тепле; ему удалось объяснить отступления от так называемого закона или правила Дюлонга и Пти. По этому правилу, если взять вещества в количествах, пропорциональных их атомным весам, т.-е. брать одинаковые числа атомов, то количества тепла, не-

---

[1]) Положение максимума определяется температурой источника лучистой энергии: по мере повышения температуры максимум перемещается к фиолетовому концу спектра.

[2]) Закон Планка приложим, строго говоря, к излучению так называемого „абсолютно черного“ тела; практически же этот закон приложим к излучению, выходящему из маленького отверстия в металлическом ящике, равномерно нагреваемом со всех сторон. Чтобы непосредственно от наружной стороны стенок не было излучения, перед ящиком ставится ряд экранов, имеющих отверстия, против отверстия в самом нагреваемом ящике.

обходимые, чтобы нагреть их на одно и то же число градусов, будут одинаковы. Это показывает, что энергия распределяется равномерно между атомами, независимо от их массы, и на любой атом приходится в среднем одинаковое количество энергии. От этого правила, однако, наблюдаются значительные отступления, изменяющиеся притом в зависимости от температуры, чего теория совершенно не предусматривала. Какой же выход нашел Эйнштейн? Так как закон Дюлонга и Пти относится к твердому состоянию, а в твердом теле атомы могут только колебаться вокруг их положения равновесия—поступательно они двигаться не могут, то естественно является мысль, не будет ли энергия и здесь распределяться „квантами" пропорционально числам колебаний атомов вокруг положения равновесия. Но эти же числа колебаний определяют собой и спектр поглощения данного твердого тела. Из всех падающих на данное тело волн раскачивать атомы будут только те, частота которых совпадает с частотой колебаний самих атомов, но при этом раскачивании будет тратиться энергия волны,—волны будут поглощаться. Таким образом была разработана теория, блестяще оправдывающаяся на многочисленных опытах и связавшая между собой отступления от закона Дюлонга и Пти, спектры поглощения, упругие свойства тел и температуру их плавления. Почти что одним росчерком пера были объединены в стройное целое самые разнообразные факты, на первый взгляд не имевшие ничего общего между собой. Как раз в этой области и лежали противоречия, которые Кельвин и назвал „второй тучей".

Подведем итог. Даже из настоящего, весьма неполного очерка ясно, что теория „квант" оказалась необыкновенно плодотворной. Эта теория стала сразу на положение необходимого для физика-теоретика орудия труда. Не будем скрывать от себя, что многое в этой теории для нас еще неясно; но было бы ошибочно думать, что эта новая теория упраздняет всю старую физику, как это любят говорить не в меру усердные популяризаторы. Мы, ведь, видели, что на-ряду с новыми положениями этой действительно революционной теории нам в равной мере необходимы и механика Ньютона, и классическое учение об электромагнитных процессах. Таким образом вся задача сводится к тому, чтобы связать новое со старым; нам надо выяснить пределы приложимости классической механики и электродинамики и выяснить те общие законы, которые должны их объединить и дополнить, так как ясно, что „кванты" вносят что-то свое, новое. Руководствуясь диалектическим методом, мы сразу можем

сказать, чего нам еще не хватает: если громадное число фактов заставило даже самых осторожных мыслителей из буржуазного мира отказаться от предрассудка, что „природа не делает скачков“, и утверждать „что природа делает скачки и притом весьма странного сорта“ [1]), то в мире атомов нам еще неизвестны те непрерывные процессы, те процессы подготовки, которые приводят к наблюдаемым уже нами скачкам, а в диалектическом процессе всякий скачок предполагает предшествующее непрерывное развитие.

---

[1]) М. Планк, Новые пути физического познания,—„Под Знаменем Марксизма“ № 1, 1923 год, стр. 76.

VIII.

Диалектический метод и современное естествознание.

Стенограмма доклада, прочитанного на собрании (IV/23 в редакции журнала „Под Знаменем Марксизма").

Тема моего сегодняшнего доклада уже не раз затрагивалась в дискуссионном порядке в М. К., затрагивалась отчасти и в нашей печати, правда, очень мимоходом,—затрагивалась она, главным образом, по поводу того, можно ли поручить преподавание естествознания в наших совпартшколах не марксистам, и нужно сказать, что по этому поводу в нашей среде были большие разногласия. Одни говорят, что в области естествознания все обстоит благополучно, и, выражаясь грубо, марксистам туда нечего совать свой нос. Другие указывают, что в области общественных наук Маркс произвел революцию, а естествознание еще ждет своего Маркса. Вот почему я очень рад, что могу сегодня поделиться некоторыми мыслями с таким компетентным марксистским собранием. Я хочу здесь скорее поставить некоторые вопросы, чем дать ответы. Нужно сказать, что все дискуссии, которые велись по этому поводу на указанных мною собраниях, показали, что самая постановка вопроса для многих неясна. Приходилось слышать, что выступавшие по этому вопросу были неправы, когда они старались показать диалектический процесс в явлениях природы. Им говорили, что если ставить вопрос о диалектическом методе, то нужно заняться тем, поскольку этот диалектический метод применяется естественниками, а некоторые даже указывали, что важнее всего проследить, как исторически изменялись наши методы исследования, наши теории—наш подход к изучению природы. Я думаю, что особенных споров тут вести незачем. Для тех, у кого диалектика стоит на ногах, а не на голове, ясно, что если в природе все обстоит, как говорит

Энгельс, диалектически, а не метафизически, то и наш процесс изучения должен протекать таким же образом. Я думаю в своем докладе показать, что в области естествознания можно найти много примеров, в которых ясно видны все стороны диалектического метода, и, таким образом, показать, что диалектический метод не есть что-то искусственное, а есть нечто, непосредственно навязанное нам самой природой. Этим я собственно и ограничусь, а в конце доклада я поставлю некоторые вопросы.

Когда приходится говорить о применении диалектического метода в естествознании, часто указывают, что об основной предпосылке диалектического метода, что „все течет, все изменяется", говорить не приходится, так как это знает всякий, даже не изучавший вплотную естественных наук. Я думаю, что это далеко не так, потому что среди наших естественников до сих пор еще не изжито увлечение Махом, а те, кто стоят на точке зрения Маха, легко могут проглядеть действительные процессы движения в природе, и им может показаться, что во многих случаях отсутствует какое бы то не было движение. Поэтому я позволю себе остановиться на некоторых примерах, обсуждая их с более строгой материалистической точки зрения, которая проводится в кинетической теории материи и в теории электронов, т.-е. в той части науки, которая Махом и его поклонниками отрицается. Мах выразился, что ионы и электроны представляют нечто вроде „почтенного шабаша ведьм". Поэтому у тех, кто увлекается философией Маха, может создаться одностороннее представление, и они могут начать мыслить метафизически там, где для этого нет почвы.

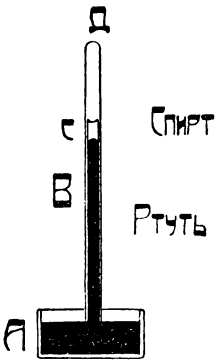


Рис. 1.

Я начну с простого примера: вот барометрическая трубка, наполненная ртутью. В нее вводят каплю испаряющейся жидкости, положим, спирта или эфира. Если мы примем меры, чтобы температура и атмосферное давление не менялись, то все в трубке будет в покое, мы будем иметь дело с равновесием, но те, кто стоят на точке зрения кинетической теории, знают, что здесь все время происходит непрерывный процесс испарения с поверхности жидкости и в то же время процесс оседания пара в жидкость. Таким образом, если мы и видим здесь равновесие, и если при неизменной температуре это равновесие будет существовать целыми годами (если будет поддерживаться искусственно постоянное атмосферное давление и постоянная температура), то, тем

не менее, это не есть покой, так как здесь все время происходят непрерывно два противоположных процесса: испарение и оседание пара; если я нагибаю трубку, капелька жидкости сейчас же увеличивается за счет пара; когда я ее ставлю вертикально, количество жидкости будет наименьшим.

Но еще более интересен пример из области теории электронов. Если я возьму проволочку и буду ее накаливать, то с точки зрения чистого описания, как этого требует Мах, мы можем подсчитать, какое количество энергии подводится к металлическому волоску и какое количество энергии теряется через излучение. На этом подсчете, по Маху, вся наука и оканчивается. Между тем, тот, кто старается вникнуть в механизм процесса, знает, что процесс накаливания сопровождается процессом испускания электронов, что если трубка, в которой находится проволока, замкнутая, то электроны соберутся в некотором количестве вокруг проволоки в виде облака и частью будут возвращаться обратно в проволоку, и таким образом получится подвижное равновесие, так что мы не можем рассматривать это явление, как какое-то неизменное состояние. Тут происходит непрерывное испарение электронов с поверхности и затем их обратный переход в проволочку. Благодаря тому, что мы имеем дело с электрически-заряженными частицами, нам очень легко показать, что тут действительно происходят одновременно два противоположных процесса, так как мы по произволу можем воздействовать на любой из них. Если я помещаю, предположим, накаленную проволочку по оси металлического цилиндра, и если цилиндр будет заряжен положительным электричеством, то он заставит быстрее выходить электроны из проволочки. Я увеличиваю, следовательно, этим испарение электронов. Оказывается, что при этом свечение ослабевает, потому что на процесс испарения электронов, как и на процесс испарения воды, требуется энергия, и она черпается из того запаса, который был использован раньше на свечение. Наоборот, если я заряжаю отрицательно цилиндр, то я загоняю электроны внутрь, в этом случае с проволочкой происходит то же самое, что с жидкостью, когда в ней оседает пар. Выделяется так называемое скрытое тепло и наш волосок вспыхивает ярче.

Таким образом те, кто стоят на точке зрения электронной теории и которые даже в этом случае видят подвижное равновесие, идут гораздо дальше. Тут ясное преимущество диалектической точки зрения перед описательной метафизической точкой зрения философии Маха. То же самое приложимо и в области биологии. Если мы будем изучать внешние формы объектов или

их внутреннее строение, то можно настроиться на метафизический склад мышления. И, однако, благодаря Дарвину, мы начали смотреть на формы, как на явления, и объяснять, почему, например, один цветок бывает симметричной формы, а другой правильной. Оказывается, тот, который стоит на вертикальной ножке, бывает правильный, а если он расположен наклонно к горизонту, то под влиянием силы тяжести получается форма симметричная. Существуют опыты, которые показывают, что можно один цветок превратить в другой. Таким образом мы подходим к этим явлениям, казалось бы застывшим, как к процессам. Можно указать еще на целый ряд примеров из самых разно-

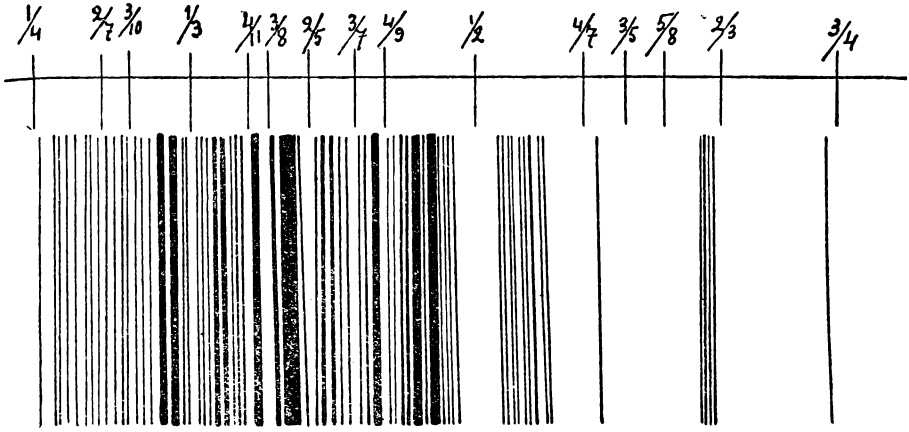


Рис. 2.

образных областей. В частности, если мы рассмотрим солнечную систему, как ее рассматривали до XVIII столетия, то мы будем недалеки от метафизической точки зрения в смысле Энгельса. Если мы изучаем только периодическое движение, то в этой солнечной системе мы не видим никакого изменения: все движения неизменно повторяются. Теория Канта-Лапласа пробила первую брешь, и Энгельс основательно указывает, что это была первая попытка взглянуть на видимый астроному мир диалектически. Тем не менее, не пытаясь даже заглянуть в глубь истории солнечной системы, можно, изучая одну только ее внешнюю форму, найти интересное указание на исторический процесс. Так, например, в книжке Лоуелля „Эволюция миров“ излагается очень интересная работа самого Лоуелля, касающаяся распределения орбит так называемых малых планет или астероидов. Если мы будем откладывать расстояние от солнца на горизонтальной оси (см. рис. 2) и ставить черточки в местах,

на которых имеются малые планеты, при чем эти расстояния мы будем выражать через время обращения вокруг солнца: Это возможно сделать, потому что, по закону Кеплера, квадраты времен обращения планет относятся как кубы средних расстояний [1]). Если мы далее промежутки времени будем выражать в долях времени обращения Юпитера, наиболее массивной планеты, находящейся в соседстве с малыми планетами, лежащими между орбитой Марса и Юпитера, то на нашей диаграмме оказывается, что там, где время обращения планеты должно было бы равняться $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{7}$ времени обращения Юпитера, на диаграмме нет черточек, т.-е. планет с таким временем обращения не существует. Только там, где время обращения будет несоизмеримо со временем обращения Юпитера, имеются орбиты малых планет. Если мы зачертим те места, где есть орбиты, и оставим свободные промежутки, где планеты отсутствуют, то получается сразу заметная глазу закономерная картина. Смысл этого закона распределения планетных орбит совершенно ясен: если время обращения планеты соизмеримо со временем обращения Юпитера, то через определенные промежутки времени определенное взаимное расположение данной планеты и Юпитера будет повторяться, и возмущения, производимые Юпитером, будут повторяться через определенные промежутки времени в том же направлении и с той же силой. Если в одном и том же месте орбиты начинают повторяться через правильные промежутки времени толчки, то они рано или поздно выбрасывают оттуда планету, таким образом получается своего рода естественный отбор. И наблюдаемая нами при изучении строения солнечной системы закономерность наталкивает нас на исторический процесс. Значит, мы опять и в этом случае рассматриваем форму как процесс и подходим к задаче не метафизически, а чисто диалектически.

Что касается второй предпосылки диалектического метода, о том, что все явления стоят в связи друг с другом, то и о ней многие товарищи говорят, что в области естествознания она представляет собой положение до того очевидное, что не стоит на ней останавливать внимания. Мой опыт в Свердловском университете показывает, что на эту сторону все-таки очень часто приходится обращать внимание, и часто затруднения при изуче-

---

[1]) Если время обращения Юпитера составляет t_1 суток, время обращения любой малой планеты t_2, а расстояния соответственно равны r_1 и r_2, то по закону Кеплера $\frac{t_1^2}{t_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3}$.

нии естественных наук и особенно физики возникают именно потому, что люди забывают эту основную предпосылку диалектического метода. Возьмем следующий пример. Кто не знает, как часто у неопытных преподавателей и лекторов не удаются опыты. А что это значит? Это значит, что не были приняты во внимание те или другие существенные факторы данного явления. Я бы сказал, что, пожалуй, самая важная часть лабораторных занятий заключается в том, что учащийся научается принимать в расчет такие мелочи, которые раньше ускользали от его внимания. Вот еще один пример из моей практики в Свердловском университете: объясняешь, что при трении получается тепло. Сейчас возражают: я еду на автомобиле против сильного ветра, и мне холодно, а между тем получается сильное трение кожи лица о воздух, значит, ваши объяснения неправильны. Приходится указывать, что поверхность кожи влажна, что при ветре происходит усиленное испарение—испарение и вызывает поглощение тепла, и вот оказывается, что это поглощение тепла более значительно, чем тепло, получающееся от трения. Таким образом приходится постоянно напоминать, что нельзя рассматривать явления изолированно. В связи с этим уменьем учитывать всевозможные факторы, осложняющие ход явлений, стоит успех наших предсказаний нашего прогноза, и я думаю, что полезно тем, кто изучает диалектический метод, практиковаться в нем на почве естествознания именно с этой стороны, так как удача и неудача предсказания здесь очень скоро обнаруживается, и очень скоро можно заставить отыскать свою ошибку. Приведу еще один пример из более сложных.

По поводу принципа относительности часто говорят, что гипотеза Лоренца и Фиц-Джеральда, допускающая сокращение любого тела в направлении его движения и позволяющая обойтись без принципа относительности, надумана и искусственна. Почему это тело будет сокращаться в направлении движения? Между тем, гипотеза Лоренца основана на положениях электродинамики, что два противоположных параллельных тока отталкиваются, а если они текут согласно, то притягиваются. Это такой факт, который, собственно, знает каждый школьник, и если этот факт принять в расчет, то само-собой получается объяснение Лоренца и Фиц-Джеральда. Таким образом при решении задач в одной области очень часто приходится напоминать, что нельзя забывать про весь остальной мир, и с этим обстоятельством, как видно, часто приходится считаться. Теперь переходим к самой сути дела.

Можно ли показать на тех явлениях, которые изучают в физике, химии, механике или биологии, что всякое развитие какого-нибудь явления приводит к противоречию? Это, так сказать, самая основа диалектики. Я думаю, можно очень легко показать, что именно в природе дело обстоит и в этом отношении диалектически, а не метафизически. Первый пример будет из области механики Ньютона. Нужно сказать, что с легкой руки сторонников принципа относительности стало считаться признаком хорошего тона говорить, что ньютоновская механика—отжила свой век. Между тем, в теории квант, как я это подчеркнул в моей статье, помещенной в нашем журнале[1]), из одного из противоречий, в которое впала эта новая теория, она выпуталась только тогда, когда правильно применила „отжившую" ньютоновскую механику. Я не хочу этим сказать, что ньютоновская механика нечто абсолютное, и, вероятно, в недалеком будущем выяснится, где и какую мы должны внести в нее поправку. Но всякий диалектический процесс предполагает, что не все уничтожается, и в огромной своей части эта механика долгое время будет служить хорошую службу.

Я бы хотел остановиться на самом основном процессе, который мы изучаем в механике, и показать, что здесь как раз развитие явления приводит к противоречию. Показать это можно на анализе третьей основной аксиомы Ньютона, что действие равно противодействию, но не для тех случаев, когда мы имеем дело с равновесием, а в случае движения. Это вопрос, по поводу которого возникает немало сомнений у начинающих изучать механику. Говорят, что если эту аксиому мы приложим к движению, то никакого движения не может быть: я начинаю тянуть санки, а санки тянут меня в противоположную сторону и с такой же силой, ясно, что, значит, сани не могут сдвинуться с места! Поэтому следует остановиться на этом явлении, так как это есть, в сущности, основа ньютоновской механики. Представим себе доску и на ней груз. Доска будет давить на груз с такой же силой, как он на нее давит, и если доска гибкая, она будет прогибаться, при этом разовьется сила упругости, которая уравновесит вес груза. Теперь предположим, что мы взяли эту доску в руки и начинаем сообщать грузу через посредство доски ускоренное движение наверх. Отчего доска начала двигаться наверх? Я отрицаю равновесие, которое было раньше. Я увеличиваю силу, с которой доска действует на данное тело, от этого полу-

---

[1]) См. настоящий сборник—статья VII.

чается ускоренное движение. Но ускоренно движущееся наверх тело оказывает увеличение противодействия и равенство действия противодействию вновь восстанавливается—получается отрицание отрицания. Таким образом, пока неравенство между весом тела и силой, которая тянет вверх, существует, замечается ускоренное движение и появляется сила противодействия, которая давит на доску и которая существует только пока происходит ускоренное движение. Когда мы взвешиваем на пружинных весах, то нужно совершенно спокойно держать руку, так как иначе указатель весов прыгает, потому что при колебаниях мы сообщаем висящему на весах телу непрерывные ускорения вверх и вниз и нарушаем равновесие. При дер-

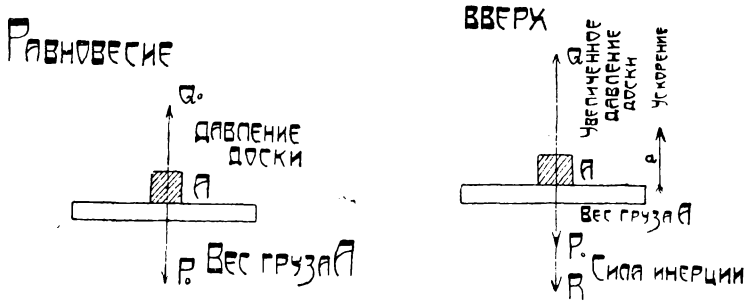


Рис. 3.

Увеличенное давление Q уравновешивается весом + сила инерции, возникающая при движении.

гании весов наверх получается противодействие, и тело на весы начинает давить сильнее: оно как будто бы становится тяжелее.

Я захватил с собой из дому 5-фунт. гирю и веревочку, чтобы показать это на опыте. Могу продемонстрировать, что данный груз, которому я сообщу ускорение наверх, начнет тянуть веревку, на которой он висит, сильнее. Я нарушаю равновесие, когда я двигаю гирю с ускорением наверх, и у меня вызывается сама собой новая сила, сила инерции, которая действует в противоположном направлении, по сравнению с силой моей руки. И вы видите,—от этого противодействия веревка обрывается.

Это опыт очень наивный. Но он затрагивает основы механики. Вычисление сил инерции, проявляющихся при ускоренном движении,—одна из важнейших задач техники машиностроения: надо уметь избегать такие случаи, которые я вам показал на примере гири, висящей на веревке.

Нужно сказать, что и в самых методах, с которыми мы

подходим к изучению механики, тоже можно видеть диалектику, переход к прямой противоположности. Например, когда мы исследуем равновесие. Положим, имеется блок, на котором висят два груза, находящиеся в равновесии. Как мы теоретически высчитываем равновесие? Мы представляем себе равновесие нарушенным. Прилагаем так называемое возможное перемещение и смотрим, какова будет работа всех действующих сил. Таким образом для изучения равновесия мы предполагаем, что система начинает двигаться. Наоборот, в рассмотренном примере, когда доска с грузом подымается наверх, появляется сила инерции, и она уравновешивает тот прибавок силы, который заставил тело, лежащее на доске, двигаться вверх. Это есть частный пример лежащего в основе механики принципа Даламбера, который формулируется так: если мы движущуюся систему остановим и прибавим силы инерции, которые появляются только во время движения, то получаем равновесие. Таким образом движение мы в наших аналитических рассуждениях сводим к равновесию, а равновесие изучаем с помощью движения.

Рассмотрим несколько частных примеров, довольно поучительных. Мы ведем смычок по струне. Струна колеблется и иногда идет прямо навстречу смычку. Процесс, который происходит, когда играют на скрипке, следующий: сначала струна прилипает к смычку (для чего его натирают канифолью) и струна начинает двигаться в ту сторону, в которую двигается смычок, но благодаря этому она должна выгнуться, получается новая сила упругости, которая стремится заставить струну двигаться против движения смычка. Когда сила упругости станет больше силы, с которой ее увлекает смычок, струна срывается и начинает двигаться навстречу движению смычка; по инерции она переходит через положение равновесия, замедляется и опять увлекается движением смычка, происходящим все время в одну и ту же сторону. Таким образом одно движение может вызывать другое движение, прямо противоположное.

Остановлюсь еще на примере из области учения о тепле. Тут мы встречаемся опять с борьбой противоположных течений. Положим, теперь весна. Солнце дает все больше и больше тепла, температура должна повыситься, а вследствие повышения температуры усиливается испарение и таяние—процесс противоположный, который понижает температуру. Заметим далее, что в термодинамике был установлен закон ле-Шателье Брауна, который носит чисто диалектическую формулировку (несмотря на то, что ле-Шателье хороший католик и ходит исправно в цер-

ковь): „всякое изменение величины, определяющее равновесие системы, вызывает такое изменение состояния в этой системе, которое стремится препятствовать изменению данной величины“. То-есть, например, вы повышаете температуру, и это вызывает процесс, который стремится ее понизить.—Это общий закон.

Вот пример из другой области: один из основных законов электродинамики, закон Ленца—„наведенный ток своим электромагнитным действием противится наводящему движению“.

Далее, в области магнетизма можно наблюдать то же самое.

Тело, которое способно намагничиваться, мы представляем себе состоящим из элементарных молекулярных магнитов. У такого ненамагниченного тела нет полюсов (рис. 4а). Для того, чтобы намагнитить такое тело—получить полюсы—мы подвергаем его внешнему воздействию, и тогда все молекулы устанавливаются рядами, но как только этот хаос мы превратим в организованное целое, появляется размагничивающее действие концов. Северный полюс будет прилегать к соседнему северному рядом лежащего магнита (см. рис. 4), они будут отталкиваться и весь ряд будет расстраиваться. Поэтому приходится применять особые меры, чтобы получать замкнутые цепи, чтобы не было свободных концов, иначе они будут действовать размагничивающим образом. Можно для проверки этой теории взять в качестве магнитов маленькие стрелки и посадить их на иголки, чтобы они могли свободно вращаться. Если застучать по столу, иголки станут, как попало. Если поднести магнит, они все ориентируются таким образом, чтобы стать по определенному направлению. Если же убрать магнит, то вы через некоторое время увидите, как то одна, то другая стрелка повернется и произойдет снова размагничивание.

Теперь возьмем примеры из области биологии. Возьмем действие ферментов, которые при известных условиях могут оказывать прямо противоположные действия: вместо разложения давать синтез и наоборот. Возьмите хлорофилл, который образуется в листе под действием света, и под действием света же выцветает, разрушается. Словом, таких примеров можно привести сколько угодно. Интересный пример можно взять из книжки Павлова, относительно так называемых условных рефлексов. Положим, что животное во время кормления заставляют слушать какой-нибудь звук—фактор совершенно индифферентный, не имеющий отношения к пище. Если во время кормежки мы будем постоянно повторять его, то с течением времени самый звук становится условным раздражителем, получается условный рефлекс и выде-

ляется слюна; слюнная железа начинает работать. Павлов делал такой опыт: кормление задерживалось: звонок звонит, а есть дают несколько позже. Первое время слюна выделяется. Потом меньше и меньше и, наконец, прекращается выделение слюны, и только, если очень долго производить эти опыты, то после звука слюна начинает выделяться через тот промежуток времени который отделяет обыкновенно звук от кормления. В течение же этого промежутка времени между звуком и кормлением слюна задерживается потому, что для организма важно задерживать слюну, не тратить ее попусту и важно подогнать ее выделение ко времени, когда будет принята пища. Вырабатывается, следовательно, процесс обратный возбуждению, процесс торможения. Этот процесе торможения, как указывает Павлов, иногда

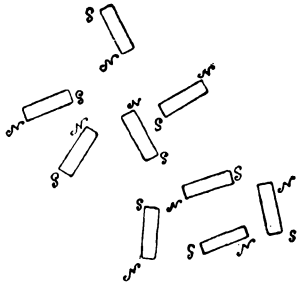


Рис. 4 а.

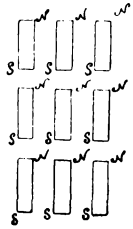


Рис. 4 в.

распространяется на всю мозговую кору, и тогда наступает сон. Когда очень долго тянут с пищей после предупреждения, наступает торможение и вызывает процесс прямо противоположный возбуждению—сонливость.

Теперь переходим к вопросу о триаде. Это один из спорных вопросов в области естествознания. Известен спор Плеханова с Михайловским. Мне кажется, что вся ошибка в том, что в области естествознания при рассмотрении какого-нибудь процесса мы берем произвольно довольно маленький интервал, так что в него может не уложиться вся триада. С другой стороны, и процессы природы могут быть настолько сложны, что они не укладываются в эту простую схему. Если рассматривать не такие процессы, как, например, намагничивание, которое можно получить в 5 минут или явление условного рефлекса, а обратиться к исследованию происхождения солнечной системы, или, по крайней мере, системы земли и луны, то мы увидим всю эту триаду. Один пример очень хорошо разобран тов. Тер Оганесовым в журнале „Под Знаменем Марксизма“. Он разбирает теорию Дж. Дарвина

который исследовал явления приливов. Дарвин показал, что земной шар вращается в жидкой оболочке, при чем эта оболочка ориентируется всегда на луну. А так как луна обращается вокруг земли в 28 суток, а земной шар вокруг своей оси в 24 часа, то земной шар будет иметь некоторое относительное вращение по отношению к этой оболочке; иначе он вращается, как ось в медленно поворачивающемся подшипнике. Вследствие трения тормозится вращение земного шара. Дарвин, сделав допущение, что торможение было и раньше, такое же, как и теперь, показал, что было время, когда земной шар должен был поворачиваться вокруг своей оси гораздо быстрее—всего в течение $3^1/_2$ часов. Из законов механики отсюда вытекает, что при таком быстром вращении земли, луна должна была находиться на поверхности земли. Это вытекает из закона сохранения количества движения. Замечу, что в настоящее время у геологов и астрономов имеются предположения, что отделение луны произошло, вероятно, в том месте, где находится сейчас Великий океан. Таким образом, идя назад, проанализировав явление трения, возбуждаемого приливами, Дарвин пришел к тому, что было время, когда луна находилась на поверхности земли и тогда время обращения луны совпадало со временем обращения земли. После того как произошло разделение, появилась приливная сила, которая и вызвала такую разницу во время обращения, теперь 28 суток для луны и 24 часа для земного шара, но в дальнейшем эта сила приведет к тому, что месяц и сутки сравняются; таким образом одна и та же сила вызвала и отрицание, и отрицание отрицания. Но в конце этого процесса получается уже другая система. Мы двигаемся вперед, а не возвращаемся назад. Сначала луна была на поверхности земли, а теперь она отошла. Когда явление приливов прекратится, и земля и луна будут обращаться с одной и той же скоростью, дальнейшего трения не будет и луна остановится там, где ее застанет этот момент. Так что здесь мы видим полную триаду, и мне думается, что главная причина заключается в том, что тут взят достаточно большой промежуток времени. А если бы мы не могли рассчитывать, что будет дальше и могли только вести расчет в прошлое, то получили бы только отрицание и на этом наша теория и была бы принуждена остановиться.

Дальше я перейду к примеру, который также показывает эту характерную черту диалектического процесса, но в несколько усложненном виде. Это—периодическая система Менделеева, как мы ее понимаем сейчас. Мы теперь знаем, что ядро каждого

атома содержит в себе положительные электрические заряды, и когда мы переходим от элемента гелия к элементу лития, то заряд ядра увеличивается на единицу, когда мы переходим от лития к следующему элементу берилию, то тоже заряд растет на единицу. Таким образом положение в Менделеевской системе определяется свободным зарядом положительного электричества в ядре данного атома. В самом ядре существуют и отрицательно заряженные частицы, так что, например, гелий имеет атомный вес 4, а его порядковое число—2. Ядро гелия состоит, надо полагать, из 4 атомов водорода, заряженных положительно, и двух электронов, а в результате положительного заряда избыток 2, и этот избыток заряда и определяет положение в Менделеевской системе. По числу свободных положительных зарядов ядра у нас будет равняться и число электронов, кружащихся вокруг ядра. У гелия их 2; у лития имеется три наружных электрона; значит, число электронов, кружащихся вокруг ядра атома, соответствует числу свободных положительных зарядов ядра и это число электронов определяет собой и положение в Менделеевской системе. Если мы будем итти от гелия к литию, от лития к берилию, от берилия к бору, от бора к углероду, от углерода к азоту, от азота к кислороду, от кислорода к фтору, то, наконец, от фтора переходим к неону, который по своим химическим свойствам напоминает гелий. Здесь мы опять можем говорить, что постепенно, по мере того, как заряд увеличивается на единицу, изменяется скачками качество—от гелия к литию, от лития к берилию и т. д. и, наконец, мы получили отрицание отрицания, получили неон,—элемент сходный с гелием.

Вот тут, если применять эту самую трихотомию, то выйдет не совсем благополучно, потому что здесь 8 степеней. Мы получали новые качества, когда количество зарядов ядра изменялось на единицу, а отрицание отрицания получилось только на 8-й степени, т.-е. когда мы подошли к 8 элементу—значит, тут выходит октохотомия. Но можно взглянуть на эту цепь несколько иначе, если исследовать, какие элементы будут электроположительными и какие электроотрицательными. Металлы легко отделяют электроны — такие элементы называются электроположительными. На другом же конце Менделеевской системы будут элементы электроотрицательные, которые весьма легко присоединяют к своим атомам лишний электрон, как, например, фтор. Возьмем какой-нибудь типичный электроположительный элемент и будем увеличивать заряд ядра, электроположительные свойства переходят в противоположные—электроотрицательные, а и в конце

ряда в 8 элементов мы вновь получаем электроположительные. Выходит, как будто это укладывается в триаду. Но если мы рассмотрим процесс более детально, то, как мы видели, он распадается на большее число степеней.

В сущности, должен ли настаивать марксист на этой триаде? Плеханов, полемизируя с Михайловским по поводу примера, который привел Энгельс с овсом, указывает, что Михайловский настаивает, что цветение есть новое качество, и тут выходит тетрахотомия, а не трихотомия. На это Плеханов определенного ответа не дает, но говорит следующее: судя по учебнику Вантигема, выходит трихотомия, но у Гегеля есть оговорка, что бывают случаи тетрахотомии. „Вот поди и разбери,—говорит Плеханов,—Михайловский выступает против Гегеля, Вантигем за Гегеля, а Гегель за Михайловского. Выходит, что „она к нему, а он ко мне, а я к буфетчику Петруше“. Может быть товарищи выскажутся сегодня, как смотрят на этот вопрос ортодоксальные философы марксисты?

На трихотомию можно найти яркие примеры из того же самого Павлова,—я позволю себе прочесть один из них (стр. 85).

„Этот процесс внутреннего торможения подлежит, как и процесс условного раздражения, в свою очередь, торможению. Мы имеем, таким образом, торможение торможения, иначе говоря, растормаживание, т.-е. освобождение заторможенного процесса условного рефлекса. Этими тормозами процесса внутреннего торможения—расторможивателями—являются все те агенты, которые я только что перед этим описал, как тормоза условного раздражителя. Я боюсь, что это обильное повторение и склонение слова „торможение“, это нагромождение торможения производит невыгодное впечатление и сделает очень туманною фактическую суть дела. Ввиду этого я опишу конкретный пример, который, надеюсь, будет в состоянии примирить моих высокоуважаемых слушателей с кажущейся только на первый взгляд чрезмерной сложностью описываемых фактических соотношений. Я беру один из наших условных раздражителей, например, тон органной трубы в тысячу колебаний в секунду. Благодаря многократному совпадению его с кормлением собаки, он гонит теперь сам по себе слюну, он есть условный раздражитель нашей железы. Теперь я повторяю его несколько раз отдельно, не сопровождая едой. Как уже сказано выше, он постепенно теряет свое раздражающее действие и становится безразличным для железы. Его сделал недействительным механизм внутреннего торможения, он внутренно заторможен. Наконец я присоединяю к тону, сде-

лавшемуся таким образом временно недействительным, какой-нибудь новый агент, например, вспыхивание электрической лампочки перед глазами собаки, никогда никакого отношения к слюнной железе не имевшей, и теперь в отдельности его не имеющей—и сейчас вижу, что мой угасший условный раздражитель снова получил свое раздражающее действие: течет слюна, и собака, только что перед этим во время тона безучастная или даже отворачивающаяся от экспериментатора, поворачивает голову в сторону его и облизывается, как перед предстоящей едой. Нельзя понять положения дела иначе, как только так, что вспышка лампочки затормозила, устранила внутреннее торможение и, таким образом, растормозила, восстановила условный рефлекс".

Теперь перехожу к последней части моего доклада, в которой позволю себе задать несколько вопросов. Это о переходе количества в качество и о скачках. Если мы обратимся к тем явлениям, которыми в последнее время особенно интересуются физики, то мы встречаемся с этими скачками очень часто. Даже такой осторожный мыслитель, как Планк, создавший теорию квант, где скачок играет громадную роль, говорит, что нам нет необходимости отказываться от старой науки, наука сейчас прочнее, чем когда-либо, но нам приходится отказаться от старого предрассудка, что природа не делает скачков. Мы должны сказать, что „природа делает скачки и притом довольно странные". Таким образом в этом отношении предубеждения против скачков у естествоиспытателей теперь нет. Меня лично интересуют различные типы скачков. Самый простой случай описан у Энгельса и, к сожалению, с ошибкой. Это—переход из одного состояния в другое. Действительно, когда мы переходим от жидкого состояния в твердое, происходит процесс скачкообразный. Но у Энгельса есть неудачное выражение относительно перехода жидкого состояния в парообразное. Он говорит не о кипении, где действительно процесс начинается внезапно, а об испарении. Испарение же растет непрерывно. Ту же ошибку делает т. Бухарин. Пример выбран удачно, потому что при кипении скачком начинается выделение пара внутри самой жидкости—появляются пузыри, они растут, появляется новое качество, но если говорить об испарении жидкости, то, ведь, испарение с поверхности происходило и до этого и даже лед испаряется! Таким образом пример выбран хорошо, но изложен неудачно.

Другой пример могу привести из области учения о радиоактивных процессах. Здесь скачки очень резкие. Мы имеем какой-нибудь радиоактивный препарат и исследуем его при помощи

метода Крукса: с помощью экрана, покрытого сернистым цинком, мы наблюдаем искры, которые вызываются летящими атомами гелия; при каждом ударе об экран получается заметная для глаза вспышка. Здесь интересно отметить, что частицы, которые летят от радия, по дороге сталкиваются с частицами воздуха и, хотя эти удары по большей части бывают не лобовые, частицы проходят по периферии атома, но при этом процессе они все-таки теряют часть своей энергии. Чем больший путь прошла частица, тем меньше она имеет энергии. Оказывается, что если вы будете увеличивать расстояние между экраном и радиоактивным препаратом, то наступает момент, когда искры прекращаются. Для того, чтобы вызвать свечение, нужна минимальная скорость. Здесь количество переходит в качество. Происходит непрерывное уменьшение скорости, но при некоторой определенной скорости вспышка прекращается. Если мы с помощью таких же частиц вызываем процесс ионизации и удаляем источник частиц, то ионизация прекращается также внезапно—скачком, так же быстро исчезает и действие на фотографическую пластинку. Это несомненно объективное явление, а не особенность нашего глаза. Нужна минимальная скорость, чтобы производить эти процессы. Скачки получаются удивительно резкие. Пробег частицы до того места, где она уже не вызывает свечения—„свободный пробег"—можно измерить с точностью до одной десятой доли миллиметра. На этом приеме основан метод анализа радиоактивных веществ, так как различные вещества посылают частицы, имеющие различной длины „свободный пробег".

Чтобы показать „скачки" в другом роде, я сейчас позволю себе рассказать об одном воображаемом опыте. С легкой руки Эйнштейна это стало модным занятием. Представим себе, что я взялзаряженное тело и зарядил его электричеством как можно сильнее, потом я начинаю раскачивать этим телом. Предположим, что мне предоставлена возможность вызывать колебания, с какой угодно частотой. Что тогда получается? Положим, что это тело, которое я держу в руках, колеблется 50 раз в течение секунды вверх и вниз. Получаются электрические колебания, такие примерно, как в этих проволоках, которые ведут переменный ток к нашим лампам. Представим себе, что я в десять раз увеличиваю частоту колебаний, заставляю колебаться пятьсот раз в секунду. Тогда я получаю электрические колебания, которые всегда получаются в телефонных проводах, когда мы говорим по телефону. Сделаем еще шаг: возьмем 500 тыс. колебаний в секунду. Такие колебания происходят на наших радиостанциях. Сделаем опять

шаг: возьмем 5×10^{10} (5 с десятью нулями!). Это будет частота колебаний, которую мы получаем в лаборатории, она примерно дате волны в 6 m/m, которые получал покойный профессор Лебедев. Затем возьмем колебания числом 5×10^{12} в секунду. Если бы мне удалось качать рукой электрический заряд с такой частотой, то вы бы почувствовали, что из моей руки исходят тепловые лучи, как из печки. Это были бы тепловые лучи, невидимые для глаза, так называемые „инфракрасные". Если бы довести частоту колебаний до 5×10^{14}, то вы бы увидели у меня в руках болтающуюся желтую звездочку—источник света, испускающий желтые лучи. По мере увеличения количества колебаний, мы бы прошли через все цвета спектра, и при 5×10^{15} мы получили бы волны, на глаз не действующие, а действующие на фотографическую пластинку—мы получили бы так называемыя ультрафиолетовые лучи. При колебании 5×10^{18} мы получили бы лучи Рентгена, которые имеют всем известные замечательные свойства, и, наконец, последний шаг—5×10^{21}—лучи радия, самые жесткие лучи типа рентгеновских из числа полученных до сих пор. Эти лучи могут проходить сквозь большую толщу свинца. К ним постепенно приближаются по свойствам те рентгеновы лучи, которые мы получаем из новых усовершенствованных трубок Рентгена. Все это вместе является очень хорошим примером перехода количества в качество. Сколько мы перечислили качеств, и в основе всех их то или другое количество—число колебаний электрического заряда. Но везде ли здесь резко выраженные скачки? Возьмем видимый глазу спектр—радугу. Все эти отдельные оттенки отличаются числом колебаний, которые мы можем определить при помощи спектрометра. Но где в спектре можем мы сказать, что вот тут кончается красный цвет и начинается оранжевый? Здесь переход незаметный. Здесь количество переходит в качество так, что мы скачков не замечаем. Если же мы будем переходить от одного места спектра к другому через большие интервалы, то скачок будет сразу заметен. Сходные примеры вы найдете и у Плеханова. Он говорит о том, что вот человек стареется, седеет, волосы выпадают, но как определить момент, когда появилась лысина? Здесь мы имеем дело с такого рода переходом количества в качество, когда резких скачков не видно.

Я буду останавливаться теперь только на тех случаях, которые вызывают некоторое сомнение в том, кто желает во что бы то ни стало видеть резкий скачок. Я приведу картинку из книги моего отца „Исторический метод в биологии". На картине изображены переходные формы от одной ракушки к другой. Если

взять конечные звенья цепи, то ясно видна разница, но указать, на промежуточных формах, где кончилась одна форма и началась другая, мы не можем. По этому поводу в этой же книге приводится случай с одним карикатуристом, который изобразил Людовика Филиппа в виде груши и был привлечен к суду за оскорбление величества. На суде он в несколько минут изобразил портрет Людовика и представил судье с вопросом, можно ли изображать короля таким образом. Тот сказал, что в этом портрете нет ничего предосудительного. Тогда в несколько минут он набросал полтора десятка картин, на одном конце которых был Людовик, а на другом — груша, и предложил указать, где кончается дозволенное и где начинается оскорбление величества.

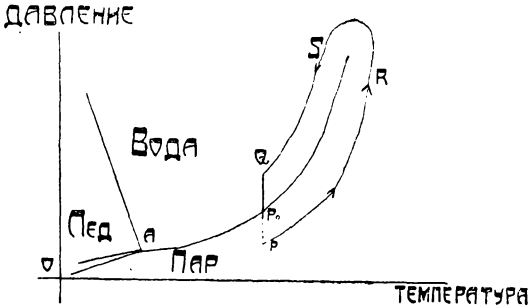


Рис. 5.

Я думаю, что раз дело идет о чем-то очень сложном, как в этих последних примерах, то изменение распадается на ряд частей, от каждой картины к другой есть скачок в каком-нибудь месте, в какой-либо определенной черте, в каком-либо одном отношении, а мы обращаем внимание на все сразу, где этот скачок теряется среди тех сторон явлений, где идет еще непрерывный процесс. Другими словами, здесь мы имеем ряд скачков, а не один.

Пожалуй, в заключение, с провокационной целью, чтобы побудить товарищей высказаться, я укажу еще на один пример из области физической химии. Это случай с так называемой критической температурой. Здесь скачок получается, но здесь же иногда можно обойтись и без скачка! Положим, что мы занимаемся изучением вопроса об упругости пара в зависимости от температуры. Известно, что упругость пара по мере повышения температуры растет. Изобразим это кривой (см. рис. 5). Недалеко от 0° С мы имеем так называемую тройную точку; эта тройная точка отличается тем, что при соответствующем ей давлении и температуре лед, вода и пар могут существовать вместе в равнове-

сии. Дальше тут идет кривая упругости пара льда и кривая упругости переохлажденной воды. Проведу еще кривую, которая отделяет лед от воды. Если мы рассмотрим состояние вещества, находящегося здесь в точке P, то это будет пар. Не забудем, что на вертикальной оси отложено давление. Если я начну повышать давление, я приближаюсь к насыщенному состоянию P_0: здесь начинается переход из пара в жидкость скачкообразно. Если по этой диаграмме мы будем пересекать кривую, то будет скачкообразный процесс, но пойдем дальше по кривой, которую я начертил. При некоторой температуре пропадает различие между паром и соответствующей жидкостью. Это — критическая температура. Здесь наша кривая оканчивается. Пока не достигли для воздуха, водорода и других газов соответствующей им критической температуры, как ни сжимали их, жидкости не получали. Для каждого вещества существует температура, при которой пар перестает отличаться от жидкости. Здесь мы не можем уже сказать, где пар, и где жидкость, потому что они совпадают по свойствам. Если же я буду изменять состояние вещества так, чтобы обойти эту кривую, то скачка не получится. Я из состояния P, где был, несомненно, пар, перехожу в область жидкости Q и не смогу сказать, где я перешел из пара в жидкость. На этом позволю себе закончить свой доклад. Я думаю, что даже из тех немногих примеров, которые мне удалось привести вам сегодня, ясно, что мы в естественных явлениях видим все основные черты диалектического процесса. Тысячу раз был прав Энгельс, утверждая, что в природе в конечном счете все происходит диалектически, а не метафизически. Но в деталях — в том, где нужно искать скачок и как надо его понимать, везде ли скачок одинаков—я бы хотел получить ответ от многих присутствующих здесь марксистов, специально занимавшихся философией.

Примечание. В заключительном слове после прений докладчик дал следующие разъяснения по поводу последнего примера.

Критическое состояние только при поверхностном исследовании представляется как непрерывный переход от жидкости к газу. При более тщательном исследовании оказывается, что вблизи критического состояния вещество обладает особенным свойством давать как бы сгустки, превращаясь в оптически неоднородную среду, напоминающую по виду воду, к которой прибавлено немного молока. Эта неоднородность объясняется тем, что при температурах, близких

к критической, значительным изменением плотности соответствует ничтожное изменение давления. Таким образом, если при хаотических движениях частиц (а эти движения всегда вообще существуют в газообразной и жидкой среде) в какой-либо части, занятой данной средой, соберутся частицы в избытке по сравнению со средней плотностью, то, так как давление от этого заметным образом не изменится, такой „сгусток“ может просуществовать некоторое время. Отсюда мы видим, что при подходе к критическому состоянию, все равно от жидкости ли, или от газа, мы, в сущности, вступаем в новое состояние, и, таким образом, вряд ли и в этом случае можно говорить о непрерывном переходе из жидкости в пар.

IX.

Гельмгольц и современная физика.

Речь, произнесенная на годичном собрании Московского Физического Общества имени П. Н. Лебедева 6 июня 1922 года.

Все чаще и чаще приходится слышать, что современная наука переживает тяжелый кризис, что все ее великие завоевания, все достигнутые с таким трудом, успехи, которыми так недавно еще гордилось человечество, оказались несостоятельными, не выдержали сокрушающего напора новых течений, называемых часто „великой научной революцией“ наших дней.

Если действительно вся старая наука отошла в область прошлого, уступив место новым, более могучим течениям мысли, то какой смысл нам вспоминать сегодня о великом ученом, родившемся сто лет тому назад? И однако весь ученый мир, не исключая тех, кто прокладывают теперь новые пути в науке, вспомнили день 31 августа 1921 года — вспомнили, что в этот день сто лет тому назад в маленьком городке Потсдаме родился болезненный, слабый ребенок, которому суждено было во второй половине XIX столетия стать, выражаясь словами поэта, „властителем дум“ всего ученого мира.

Что заставило ученых нового поколения — революционеров в науке — вспомнить об одном из творцов старой науки, отошедшем в глубокое прошлое?

Этот вопрос может стать только перед теми, кто совершенно не представляет себе развития научной мысли, кто не понимает, что такое революция вообще и что такое революция в науке. Многим и до сих пор представляется, что наука двигается вперед хаотически от одного неожиданного открытия к другому, внезапно изменяющему в корне все взгляды ученых и сводящему на-нет все достигнутое с таким трудом в предшествующие годы. Каждое новое открытие в науке с этой точки зрения истолковы-

вается как революция, на которую как в науке, так и в сфере общественной жизни многие и до сих пор смотрят, как на нечто неожиданное, исключительное, идущее вразрез с закономерным развитием явлений, а не как на явление, при всей его новизне и внезапности непрерывно подготовлявшееся всем прошлым и тысячами нитей связанного с этим прошлым. Так же точно слагаются и возникают новые научные течения. Как бы они ни казались противоречащими науке вчерашнего дня, они глубоко с ней связаны, они непосредственно из нее вытекают. Тем более, что, ведь, каждое новое открытие, в конце концов, только и сводится к тому, что приближает нас к более полной и точной картине окружающего нас мира.

Вот с этой точки зрения и позвольте мне напомнить вам, что именно из великих исследований Гельмгольтца вошло, можно сказать, в плоть и кровь современной науки, не исключая и новейших ее течений, и чем непрерывно пользуется современный ученый в своей работе, забывая часто, что он пользуется тем, что впервые было отчетливо высказано великим германским мыслителем.

Обратимся к самым новым течениям нашей науки, отмечая, конечно, при этом только наиболее существенное. С точки зрения специалиста на первом месте стоит наиболее революционная из когда-либо появлявшихся на свет физических теорий — так наз. „теория квант". О ней за пределами узкого круга специалистов знают очень мало, несмотря на то, что она уже и сейчас играет огромную роль в современной физике, и ее значение растет, можно сказать, с каждым днем. На втором месте идет принцип относительности—о нем говорят очень много—понимают его гораздо меньше, и, во всяком случае, влияние этого нового модного учения на ход развития науки неизмеримо меньше, чем то, которое оказано уже и по сей день теорией квант, позволившей связать между собой самым неожиданным для нас образом самые разнообразные факты — целые области науки, не имеющие между собой ничего общего.

Наконец, идет блестящая цепь исследований по строению вещества — строению атома. Это последнее течение современной физики наиболее близко к ее более или менее далекому прошлому. Здесь революционный характер сказался в том, что самое представление о прерывном зернистом строении вещества из области гипотезы, высказывавшейся учеными XIX столетия не без некоторых оговорок и опасений — страха ради философского,— перешло в область прочно обоснованных фактов. Мы

в настоящее время несколькими независимыми друг от друга способами,— а теперь их более десятка,— измеряем на опыте число атомов в любом теле, и своими глазами можем наблюдать действие каждого отдельного атома. Можно даже наблюдать вздрагивание листочка электрометра, вызываемое малой частью атома — одним электроном. Правда, среди образованных людей нашего времени встречаются и такие, которые утверждают, будто бы открытие частей атомов - электронов опровергло атомную теорию, так как слово атом значит неразделимый на части,— неделимый. Это недоразумение — неизбежное следствие антинаучной привычки за словом не видеть и не понимать, что это слово изображает,— привычки; унаследованной людьми нашего поколения из недоброй памяти классической гимназии, которая, будем надеяться, окончательно отошла уже в вечность.

Вот те основные течения научной мысли, которые, тесно переплетаясь между собой, направляют текущую деятельность современного физика.

Рассмотрим последовательно, какое отношение имели работы Гельмгольтца к этим трем новым течениям научной мысли. Начнем с теории квант.

Одним из наиболее блестящих успехов этой теории является модель излучающего спектральные линии атома водорода,— модель, детально разработанная датским физиком Нильсом Бором в 1913 году. По этой схеме вокруг ядра атома водорода, заряженного положительным электричеством, вращается единственный в этом атоме электрон, который может вращаться по одной из так называемых устойчивых орбит. Теоретически, основываясь на механике Ньютона, можно вообразить себе бесчисленное множество круговых орбит, в зависимости от величины скорости, какой обладает электрон. Однако Бор полагает, что электрон может двигаться только по некоторым орбитам, которые он выделяет, как устойчивые.

В принятой теперь форме условие устойчивости орбиты электрона, предложенное впервые Бором, выражается следующим образом: „Интеграл действия для любой устойчивой орбиты электрона должен равняться целому кратному некоторой постоянной величины h, называемой элементом или квантом действия". Эти слова, во всяком случае мало привычные для неспециалиста, явились весьма неожиданными даже для того, кто много работал над этой областью физики. Правда, мы — специалисты — знаем, что „интеграл действия" в данном случае будет произведение массы электрона m на его скорость по орбите V и на длину

замкнутой круговой орбиты $2\pi a$ (где a — радиус орбиты). Правда, мы хорошо знаем, что эта величина — $2\pi a \cdot mV$ играет большую роль в теоретической механике в так называемом „принципе наименьшего действия“, но почему это произведение для устойчивой орбиты должно равняться целому числу n, умноженному на некоторую величину h, называемую „квантом действия“ или постоянной Планка,— этого до сих пор не знает ни сам Бор, ни кто другой из живущих сейчас физиков.

И однако это весьма смелое допущение оказалось и весьма плодотворным. Но вот на что я хочу обратить ваше внимание: это нам пока еще непонятное положение в теории Бора во всяком случае стоит в тесной связи с началом наименьшего действия, на котором строится вся классическая механика, и которое Гельмгольц в последние годы своей жизни распространял на самые разнообразные физические явления. Он сам придавал своим работам в этой области очень большое значение. Вот, что он писал об этом принципе: „Во всяком случае, общность принципа кажется мне настолько обеспеченной, что он получает высокую оценку в качестве эвристического начала и путеводной нити при попытках формулировать законы новых классов явлений“.

Я должен оговориться,— я крайне далек от мысли, что Гельмгольц мог предвидеть современную теорию квант, но я подчеркиваю, что методы, которыми он пользовался для отыскивания законов в еще мало исследованных областях — правда, в измененном виде — с успехом прилагаются к решению новых задач, поражающих даже современного ученого своей неожиданностью и смелостью. И не любопытно ли, что когда делаются попытки подойти к выяснению физического смысла непонятных нам еще уравнений теории квант, то всегда как-то приходят к началу наименьшего действия. Это можно видеть в работах Зоммерфельда и нашего сочлена С. А. Богуславского. Но вернемся к теории Бора. Ему удалось, как мы видели, указать, как надо отыскивать устойчивые орбиты электрона,— что же дальше?

Дальше можно подсчитать величину энергии, которую будет иметь электрон, когда он находится на той или другой из своих устойчивых орбит. Эта энергия, оказывается, будет всего больше на отдаленных орбитах и она будет минимальной на самой близкой к ядру орбите. Вслед за тем Бор делает еще более непонятное допущение или, вернее, ряд допущений. Пока электрон движется по той или другой устойчивой орбите,— он не излучает энергии, хотя по всем данным учения об электромагнитных явлениях он должен бы излучать. Но зато он может от неизвестных

пока еще нам причин перескакивать с одной устойчивой орбиты на другую. И вот во время перескакивания с более удаленной от ядра орбиты на более близкую электрон излучает энергию в форме вереницы волн, частота которых определяется очень простым, но непонятным уравнением: $Aa - Ac = h\nu$... (2). Здесь Aa—энергия электрона на той орбите, где он первоначально двигался, Ac—энергия его же на той орбите, куда он перескочил, ν — частота колебаний полученных волн лучистой энергии, и, наконец, h — та же самая, что и раньше, постоянная Планка или „квант действия“ [1]). И что же оказалось? Если мы подсчитаем всевозможные перескакивания электрона, принимая в расчет все вычисленные по Бору устойчивые орбиты, то мы получаем не только с изумительной точностью положения в спектре всех линий водорода, но этим путем были предсказаны новые серии линий того же водорода, который он дает при исключительных условиях свечения. Этот успех, превзошедший все ожидания, заставил смолкнуть голоса скептиков, указывающих на те рискованные допущения, какие пришлось сделать Бору... Победителей не судят.

Но обратимся к только что указанному уравнению (2), которое лежит в основе теории Бора, и физический смысл которого нам еще не ясен. Ведь, по форме это — простое уравнение закона сохранения энергии, навеки связанное с именем Гельмгольца; излученная энергия равна разности энергии излучающего электрона до излучения и после.

Вы видите, что эта, быть может, самая смелая революционная мысль, какая когда-либо высказывалась в нашей науке, облечена в скромную форму уравнения энергии. Но ведь и когда Гельмгольц написал впервые уравнение энергии в применении к простейшим случаям, то оно показалось настолько революционным, что редактор Annalen der Physik Поггендорф отказался принять статью Гельмгольтца с изложением учения о сохранении энергии. Эта статья была напечатана отдельным изданием только благодаря содействию друзей Гельмгольца, убедивших издателя Реймера, что брошюра разойдется, так как она имеет большое научное значение.

Повторяю, было бы смешно говорить, что даже в последние годы жизни Гельмгольца могла итти речь о теории квант; но

---

[1]) На более отдаленную от ядра орбиту электрон может быть переведен напором электромагнитных волн, идущих извне, или механически — толчком налетевшего на него внешнего электрона или атома; при этом процессе энергия поглощается: атом „заводится“ подобно тому, как мы заводим часы.

для нас важно, что эта новая революционная мысль слагается из элементов, в числе которых некоторые уже были заложены Гельмгольцем.

Переходя теперь к вопросам, связанным с принципом относительности, мы встретимся с еще более удивительной связью этого столь модного в наши дни течения с работами Гельмгольца. Если мы примем этот принцип, то для того, чтобы не разойтись с фактами, мы должны будем допустить, что во всякой движущейся системе в направлении движения все тела должны сократиться с точки зрения наблюдателя, не принимающего участия в данном движении, так же точно, как и все часы должны в ней замедлить свой ход с точки зрения не участвующего в этом движении наблюдателя. Наблюдатель, участвующий в движении данной системы, ничего этого не заметит, так как все часы, находящиеся при нем, изменят свой ход и все без исключения масштабы сократятся в том же самом отношении, как и все находящиеся в данной системе тела. В связи с этим вопросом крайне интересно отметить, что Гельмгольц с необыкновенной четкостью указал, что в основе всех наших доказательств, казалось бы чисто-геометрического характера, пользующихся наложением и совмещением (когда мы, например, при доказательстве поворачиваем и накладываем друг на друга треугольники), лежит физическое допущение. Допущение, что наши фигуры твердые— неизменяемые. Эта физическая сторона геометрических доказательств с изумительной ясностью была сформулирована Гельмгольцем в следующих словах: „Все наши геометрические измерения покоятся на допущении, что измерительные инструменты, предполагаемые нами твердыми, представляют собой действительно тела неизменной формы, или, по крайней мере, что эти тела не подвержены никаким другим изменениям формы, кроме обусловленных изменением температуры или растяжением, вызванным силой тяжести вследствие переменившегося положения. Когда мы что-нибудь измеряем, то мы производим с помощью лучших и надежнейших из известных нам вспомогательных средств в сущности то же самое, что обычно делаем при помощи наблюдения, на глазомер или при помощи отмеривания расстояния шагами. В этом последнем случае наше собственное тело с его органами и представляет собой измерительный инструмент, который мы переносим с одного места пространства в другое. То наша рука, то ноги выполняют роль циркуля, то поворачивающимся во все стороны глазом мы пользуемся как теодолитом, которым мы измеряем длину дуги или

величину углов, находящихся в нашем поле зрения". „Любая сравнительная оценка или измерение пространственных отношений основывается на предположении о физическом состоянии известного класса находящихся в природе тел, будут ли это части нашего собственного тела или применяемых нами измерительных инструментов. Предположение, хотя и имеющее высшую степень вероятности и вполне согласное со всеми нам известными физическими явлениями, но во всяком случае выходящее из области чисто-пространственных представлений". Таким образом в этом вопросе Гельмгольц ставит геометрию в зависимость от физики. Принцип относительности отказывается, до известной степени, от этого предположения о неизменном твердом теле, которое Гельмгольц считает в высокой мере вероятным.

В направлении движения по теории относительности все тела сокращаются, хотя заметить этого мы не можем, раз мы принимаем участие в этом движении. Таким образом, все остается в движущейся системе по-старому. Во всяком случае, совершенно ясно, на какой бы из двух указанных точек зрения мы ни стояли,— в основе геометрических рассуждений у нас лежат определенные физические представления о телах, с которыми нам приходится иметь дело и которые мы извлекаем из нашего ежедневного опыта. Эта мысль с особенной ясностью выражена в замечательной статье Гельмгольца „О происхождении и значении геометрических аксиом", откуда и была взята только-что приведенная выдержка и которая и до сих пор может служить прекрасным введением к изучению современной теории относительности, хотя в те времена, когда была написана эта статья, никто ни о каком принципе относительности и не думал.

Если в только что затронутых нами новых областях нашей науки нетрудно указать на связь этих новых течений с трудами Гельмгольца, то в учении о строении вещества Гельмгольц оказался прямо-таки пророком. В лекции „О новом развитии взглядов Фарадея на электричество", прочитанной в 1881 году в Лондонском химическом обществе, он предсказывает, что принятие атомной теории вещества нас должно неизбежно привести к атомной теории электричества или, как мы бы теперь сказали, к теории электронов. Вот эти поистине замечательные строки: „В настоящее время мы не знаем ни одной достаточно ясной и разработанной теории, которая была бы в состоянии так просто и так последовательно объяснять наблюдаемые факты в химии, как это делает атомистическая теория в новейшей химии. Перенесенная же на почву электрических явлений эта гипотеза в

соединении с законом Фарадея приводит к несколько неожиданному результату. Если мы допустим существование атомов химических элементов, то мы не можем избежать дальнейшего вывода: электричество, как положительное, так и отрицательное, разделяется на определенные элементарные количества, которые играют роль атомов электричества" (курсив наш). Эта смелая мысль оказалась необычайно плодотворной. Установление тесной связи между электричеством и материей, уменье расщеплять электрически нейтральный атом на заряженные противоположным электричеством части, позволило современным физикам глубоко проникнуть в строение вещества, — настолько усовершенствовать приемы исследования молекул и атомов, что самая атомистическая теория перешла из области гипотез в область прочно установленных фактов. Крукс в своем спинтарископе, так же как и Рутерфорд в своих более усовершенствованных приемах, заставляют заряженные атомы и осколки атомов производит видимые глазу вспышки на флуоресцирующем экране и в буквальном смысле дают возможность считать отдельные атомы по пальцам, и это оказалось возможным только потому, что все части атома связаны с определенными электрическими зарядами, как это предсказал Гельмгольц. При отщеплении от атома малейшей его части—как эта отколотая часть, так и остаток оказываются электрически заряженными, и благодаря этому их можно заставить быстро двигаться — им можно сообщить столь значительный запас энергии, что каждый из них может производить действия, заметные глазу. Это явление происходит в естественном электрическом поле атома — как радиоактивного, так и тех атомов, которые в последнее время Рутерфорду удалось разложить. Таким образом получается крайне любопытный результат, для мало знакомых с наукой звучающий даже парадоксом: только тогда, когда нам удалось раздробить атом (что, по мнению поверхностных популяризаторов и философов-идеалистов, равносильно крушению атомной теории), мы смогли доказать, что атом — не фикция, не только удобный способ выражения или „форма описания", но и такая же реальность, независимая от нашего сознания, как и любой предмет, который мы видим и ощущаем.

До сих пор в нашем изложении мы отправлялись от какого-либо из современных течений нашей науки, и в истоках этих течений, в самом их начале, находили гениальные труды Гельмгольца, правда, в виде первых проблесков, в виде зачатков, из

которых следующие поколения ученых возвели величественное здание. Попробуем пойти теперь иным путем, возьмем какую-нибудь область, над которой Гельмгольц много поработал и к которой он не раз в течение своей жизни возвращался, и посмотрим, сохранили ли эти работы свое значение в наше время, пользуется ли ими современный исследователь в своей текущей работе.

В 1858 году и ровно через 10 лет, в 1868, появились две небольшого объема работы, из которых первая носила заглавие: „Об интегралах уравнений гидродинамики, изображающих вихревые движения“, и вторая: „О прерывном движении жидкостей“. Эти две работы, особенно вторая, позволяют причислить Гельмгольца к ряду величайших математиков, когда-либо существовавших, и это несмотря на то, что он был в математике диллетантом-самоучкой, так как не имел никакого диплома, да и неизвестно, прослушал ли он хотя одну лекцию по математике! Позвольте привести вам единственное указание из его хорошо сохранившейся переписки о том, что он самостоятельно все-таки изучал математику.

В студенческие годы в медицинской академии ему очень тяжело давалась анатомия; в письмах к отцу и матери он горько на это жалуется. В одном из писем при этих обычных жалобах стоит маленькая приписка: „Когда у меня от занятий анатомией начинает болеть голова, я сажусь играть какую-либо из сонат Моцарта или Бетховена или берусь за интегральное исчисление“. Это единственное место в его биографии, откуда мы узнаем, что он хотя и самоучкой, но все-таки занимался математикой. Глубокие теоретические исследования, о которых мы только что упомянули, не ограничивались, однако, одними лишь математическими решениями. Гельмгольц не принадлежал к числу тех, кто ограничивался теорией, оставляя заботы о ее применении другим. Теория была для него средством понять то, что происходит вокруг него в природе. В частности эти работы по гидродинамике им были блестящим образом применены к истолкованию явлений, протекающих в атмосфере.

Свою речь о грозах и бурях, сопровождающихся вихревыми движениями в атмосфере, он начинает шутливыми стихами Гете, имеющими почти тот же смысл, что и наша русская поговорка: „Либо дождик, либо снег, либо будет, либо нет!“.

Es regnet, wenn es regnen will
Und regnet seinen Lauf
Und wenn's genug geregnet hat,
So hört es wieder auf.

Этими словами Гельмгольц хотел показать беспомощное положение ученого во всех вопросах, связанных с предсказанием погоды,— не забудем,— это было время, когда еще не была организована в общеевропейском масштабе регулярная ежедневная телеграфная сводка о состоянии погоды. В дальнейшем он указывает на ряд закономерностей в движении циклонов и бурь, говорит о влиянии вращения земли на движение атмосферного вихря,— словом, делает одну из первых попыток найти закономерность в кажущемся нам хаосе. Он определенно подчеркивает, что хаотичность метеорологических явлений объясняется их сложностью и нашим неумением анализировать их. Для того, кто в будущем изучит их,—говорит Гельмгольц,—они будут казаться столь же гармоничными и закономерными, как для нас движения небесных светил.

На склоне своих дней он снова возвращается к своей работе о прерывном движении жидкостей и применяет ее к случаю скользящих друг относительно друга слоев атмосферы. Это явление часто наблюдается, когда более высокие слои воздуха движутся быстрее, чем прилежащие к земной поверхности. На границе раздела, как показал Гельмгольц, должны появляться волны, которые мы замечаем в виде слоистых облаков. Когда направление движения быстро изменяется, то на образовавшуюся систему волн накладывается другая, и тогда слоистые облака разделяются еще и по какому-либо другому направлению, вследствие чего получается ряд маленьких облачков, расположенных как бы в шахматном порядке, — эти облака в обыденной речи носят название „барашков“.

Измерения скорости ветра и расстояний между отдельными грядами слоистых облаков, выполненные воздухоплавателями, подтвердили с количественной стороны выводы математической теории Гельмгольца.

Но все это было давно — еще при жизни Гольмгольца.

Перенесемся теперь сразу в 1920 год.

Биеркнессу и целому ряду его сотрудников удалось установить, что в средних широтах северного полушария — в Европе, Азии и Америке — проходит граница, отделяющая холодный воздух, медленно опускающийся с северного полюса, и теплый, распространяющийся от тропика. Установить эту границу удалось по весьма значительному скачку температуры. Разница между холодным и теплым соприкасающимися слоями доходит до значительного числа градусов. Когда эта граница перемещается через данное место земной поверхности, то происходит резкое

изменение температуры в течение нескольких часов. При достаточно густой сети метеорологических станций можно отыскать эту границу и потом изо дня в день за ней следить. Граница эта все время медленно изгибается — по ней двигаются волны; иногда в ней происходят прорывы, и тогда или значительная масса теплого воздуха начинает двигаться к северу, или значительная область холодного полярного воздуха движется к югу. По границе раздела, представляющей собой два скользящих друг вдоль друга слоя (слой теплого воздуха движется быстрее в сторону вращения земли, так как он сохраняет скорость более быстро движущихся частей земной поверхности, прилежащих к экватору), движутся атмосферные вихри, так называемые циклоны, которые определяют собой погоду [1]). Точное установление границы скользящих слоев теплого и холодного воздуха, изучение движения циклонов, движущихся вдоль этой границы, позволит в значительной степени усовершенствовать дело предсказания погоды. Это, несомненно, один из крупнейших успехов современной метеорологии, и вы видите, что все это вместе представляет не более, как весьма удачное применение двух теоретических работ Гельмгольца, опубликованных более полустолетия тому назад!

С чисто-математической стороны метод, данный Гельмгольцем в статье о прерывном движении жидкостей, был подробно разработан Кирхгофом и еще дальше развит у нас в России покойным проф. Н. Е. Жуковским. Таким образом и эта страница, выхваченная почти наудачу из великих исследований Гельмгольца, оказывается тесно связанной с новейшими исследованиями в области физики и ее приложений. Великие люди умели так работать, что почти каждая их работа может быть развита в целые широкие области и потому не может скоро устареть.

Мы заглянули, повторяю, только на одну страницу, а сколько можно было бы их указать в огромном наследстве, оставленном Гельмгольцем современной науке...

С именем этого великого мыслителя у нас как-то неразрывно связывается представление о величавой фигуре, поражающей своим олимпийским спокойствием [2]), такое, по крайней мере, впе-

---

[1]) Связь между прерывным движением двух скользящих друг по другу слоев и вихревым движением в пограничном слое можно наглядно себе представить, зажав карандаш между ладонями сложенных рук. Если мы заставим скользить одну ладонь вдоль другой, то карандаш начнет вращаться: он будет совершать такое же движение, как прямолинейный вихрь или смерч.

[2]) Даже самому поверхностному наблюдателю бросалась в глаза величавая, спокойная внешность Гельмгольца. Так, например, Вильгельм I, не

чатление вынесли те, кому довелось с ним встретиться, таким его изображали художники.

Как-то трудно представить себе этого мыслителя, ведущего ожесточенную борьбу. А между тем, первая половина его жизни прошла в самой упорной борьбе, протекавшей даже в пределах его — в общем очень дружной — семьи. Его отец, поклонник и друг философа Фихте, слышать не хотел об одной из первых научных работ сына, в которой он изучал скорость распространения нервного возбуждения: он не мог допустить мысли, что к изучению жизненных явлений можно применять грубые физико-химические методы. Была целая полоса в его жизни, когда между отцом и сыном был заключен договор: не говорить о науке, чтобы не нарушать спокойствия в доме.

Как трудно было бороться с этими антинаучными философскими течениями — показывают письма, в которых Гельмгольц рассказывает, с каким трудом далась ему формулировка закона сохранения энергии — закона „сохранения силы", как он тогда называл. „Я переделывал все сызнова, — писал он, — несколько раз, пока, наконец, не решился „выбросить за борт все, что хоть сколько-нибудь пахло философией". Зато, действительно эта маленькая книжка и до наших дней сохранила не только все свое значение, какое она имела тогда, в 1847 году, но и какую-то удивительную свежесть, заставляющую думать, что она написана только вчера...

Нам теперь нелегко себе даже представить, с каким трудом в те годы пробивалась научная мысль, особенно в области биологии и медицины, где Гельмгольцу, уже вполне сложившемуся физику, пришлось работать в первые годы своей научной деятельности. С кафедры ему приходилось слышать увещания старых профессоров: ни под каким видом не прибегать к безрассудным новшествам, вроде вводившихся тогда с большим трудом, в наше время ставших обычными, медицинских приемов аускультации и перкуссии (выслушивания и выстукивания). Старое поколение врачей считало это недостойными приемами, оскорбляющими пациента, которого как бы приравнивают машине или даже разбитому горшку, и постукиванием хотят узнать, треснул он

отличавшийся вообще большим умом, всегда сам следил, чтобы на торжества, происходившие в его дворце, непременно был приглашен Гельмгольц, хотя он сам с ним очень редко беседовал. Когда его кто-то из придворных спросил, почему ему так всегда хочется видеть Гельмгольца — он ответил: „Я очень его люблю, он такой спокойный человек" (Er ist so ein ruhiger Mensch) (см. автобиография И. М. Сеченова, изд. „Научное Слово").

или нет! Так велико было тогда расслабляющее влияние витализма, тормозившего живую научную мысль.

Уже будучи профессором в Кенигсберге, когда он налаживал демонстрации, впервые вообще показывавшиеся на лекциях, он должен был выслушивать от старших своих коллег нравоучения и упреки в том, что он слишком много уделяет времени низшей опытной части физиологии, что мог бы с успехом делать его ассистент, а что непосредственная задача профессора физиологии: развивать ее высшую философскую часть.

Несмотря на решительное противодействие этим антинаучным поползновениям во многих публичных лекциях, особенно касающихся физиологии глаза, а также в предисловии к великолепному курсу теоретической физики можно найти места, где, выражаясь словами самого Гельмгольца, „не все, пахнущее философией, выкинуто за борт“. Вот именно эти неоконченные, неотделанные места восхваляются современными философами, которые не видят или, скорее, не хотят видеть, что именно здесь его мысли и слова идут вразрез с его действительно бессмертными исследованиями. Но, зная в каких условиях ему приходилось жить и работать, никто, конечно, ему в вину этого не поставит, тем более, что, когда он говорит и мыслит под влиянием своих собственных работ, когда в его мысли не врываются всякие чуждые науки, философские соображения его друзей и врагов, его речь полна такого здорового материализма, и притом выражен он так красноречиво, как пожалуй, ни у одного из великих естествоиспытателей,— это видно, например, в следующих строках его знаменитой речи „О целях и задачах естествознания“: „Кто не удивлялся верности и точности тех сведений об окружающем нас мире, какие доставляются нам нашими органами чувств и, в первую очередь, нашим глазом, проникающим в даль? Эти сведения являются предпосылками принимаемых нами решений и выполняемых нами действий. Только в том случае, если наши чувства дают нам правильные восприятия, можем мы ожидать, что наши поступки будут правильными в том смысле, что результат будет соответствовать нашим ожиданиям. При помощи этого полученного нами результата доказываем мы каждый раз вновь и вновь верность тех сведений, какие доставляются нам нашими органами чувств; и миллионы раз повторяющийся опыт учит нас тому, что достоверность этих сведений очень велика, почти что исключительна. По крайней мере, исключения, так называемые обманы чувств, очень редки, и вызываются совершенно особенными и необычными условиями“.

„Всякий раз, когда мы вытягиваем руку, чтобы взять что-нибудь, или выставляем ногу, чтобы наступить на какой-нибудь предмет, мы должны предварительно уже иметь правильное изображение и верное представление о положении предмета, к которому мы собираемся прикоснуться, его форму, расстояние от нас и т. д., так как иначе мы промахнемся или оступимся. Достоверность и точность наших восприятий, по меньшей мере, должна быть такова же, как и уверенность и точность, проявляемая нами в наших действиях при хорошем предварительном упражнении; и уверенность в том, что на наши чувства мы можем полагаться, поэтому вовсе не является для нас какой-то слепой верой, но в силу своей практической достоверности, подкрепляемая бесчисленными опытами, становится все более и более обоснованной и доказанной". В этих строках удивительно ясно изложена теория познания материализма, являющаяся и теорией познания всякого исследователя, который, правда, очень часто не отдает себе в том отчета.

Итак, с какой бы стороны мы ни подходили к тем великим трудам, какие остались нам от Гельмгольца, мы видим, что они почти полностью вошли в плоть и кровь современной науки.

Говоря о задачах ученого и о связи его работ с работами предшественников и работами грядущих поколений, Гельмгольц любил пользоваться следующим сравнением: „В кассах наборщика,— говорил он,— свалена вся мудрость мира — все, что уже открыто и что может быть открыто когда-либо: надо только суметь подобрать буквы".

Применяя эту мысль к самому ее высказавшему, не вправе ли мы сказать, что он не только сам набрал несколько удивительных книг, в которых с поразительной верностью изображен окружающий нас мир, но в этих же книгах он дал тысячи указаний, как надо подбирать буквы, чтобы выходили хорошие книги.

Вот почему мне представляется, что настоящие чествования, достойные памяти великих людей науки, происходят не тогда, когда мы вспоминаем о них в те или другие юбилейные дни на собраниях, подобных нашему сегодняшнему.

Мне кажется, что настоящее чествование их памяти — это та, быть может, многим кажущаяся будничной тяжелая работа новых поколений ученых, та борьба с постоянно и отовсюду возникающими трудностями, в преодолении которых и заключается всякое научное исследование,— та борьба, в которой незаметно для себя современный исследователь невольно берется за оружие, выкованное его великими предшественниками.

X.

Мироздание в свете новых исследований[1]).

Под этим заглавием год тому назад появилась небольшая книжка проф. В. Нернста. Недавно редакцией „Правды“ получена книжка английского журнала „Nature“, в которой напечатана лекция проф. Эддингтона [2]), прочитанная этой весной в Лондоне и носившая заглавие: „Внутренность звезды“. В настоящей статье мы попытаемся в сжатом виде изложить содержание [3]) этой интересной лекции в связи с дополняющими ее взглядами Нернста.

В истории естествознания бывают периоды, когда внимание представителей самых разнообразных специальностей,—да и не одних только людей науки,—привлекает какая-либо определенная область науки. Это усилившееся внимание, объясняемое всегда каким-либо удачным усовершенствованием наших орудий исследования, не проходит даром: в области, возбудившей к себе интерес, открытие следует за открытием и, как результат этого процесса, мы видим на разных концах земного шара попытки выдающихся ученых истолковать, разъяснить эти новые успехи более широким кругам не-специалистов.

За последние годы выяснилось, что целый ряд специальных физических и химических работ, выполненных в лабораториях,—следовательно, в искусственной обстановке,—совершенно неожиданно привел нас к выводам, значительно расширяющим наши взгляды на мироздание—на происхождение и развитие звезд и планетных систем. В связи с этим о строении звезд заговорили физики и химики, пожалуй, даже в большем числе, чем астрономы [3]).

---

[1]) Перепечатано из Правды 3 сентября 1923 г.

[2]) Книжка Нернста вышла в русском переводе. См. „Успехи физических наук“, том III, вып. 2—3, Госиздат, 1923. Перевод статьи Эддингтона появится осенью в журнале „Под Знаменем Марксизма“.

[3]) Это физико-химическое направление современных космогонических теорий, в отличие от старых, узко-механических, отмечено проф. В. А. Костицыным в предисловии к сборнику „Классические космогонические гипо-

Когда речь заходит о строении звездной системы и в особенности о внутреннем строении солнца или звезды, то у не-специалиста всегда закрадывается сомнение: „а откуда мы все это знаем?“. Чтобы рассеять эти сомнения, Эддингтон в своей лекции прибегает к следующему остроумному приему. Представим себе,—говорит он,—физика, живущего на какой-либо планете, подобной нашей земле, небо которой, однако, покрыто все время ее существования сплошными тучами без единого просвета. Совершенно ясно, что живущий в таких условиях ученый ничего не знает о звездах: он по-просту никогда их не видал. Представим себе далее, что этому физику задали вопрос: как велика должна быть масса раскаленного газа, находящегося в пространстве и принимающего под действием силы тяжести шарообразную форму, которая, благодаря своей величине, перестанет притягивать находящуюся вокруг нее разреженную материю? Наш воображаемый физик объяснит нам, что это явление может произойти только потому, что по мере увеличения раскаленной массы она будет больше излучать света, а, следовательно, будет расти и световое давление; это давление наш физик может изучить в своей лаборатории, какими бы тучами ни было покрыто небо; ведь световое давление было изучено проф. П. Н. Лебедевым в Москве, Никольсом и Гулем—в Америке при искусственном свете в лаборатории. На основании лабораторных исследований над газами при высоких температурах можно притти к выводу, что предельная величина раскаленного газового шара, при которой отталкивательное действие светового давления на поверхностный слой шара уравновесит силу тяжести, зависит только от массы, независимо от того, из чего, из каких веществ она состоит.

Как велика будет эта масса? Предложим нашему физику,—говорит Эддингтон,—на выбор 40 шаров; пусть шар № 1 имеет массу 10 грамм (это вес письма); пусть каждый следующий № имеет массу в десять раз большую, тогда № 5 будет соответствовать весу человеческого тела, а № 10—океанского парохода. Дальше сравнения становятся не столь наглядными. На предложенный вопрос: какой № шара соответствует случаю равновесия между световым давлением и силой тяжести?—мы получим ответ: №№ 35, 36 или 37. Это будут массы, лежащие в пределах от половины массы нашего солнца до массы, превосходящей наше солнце раз в пять и более.

тезы“ (Госиздат, 1923). Нельзя не приветствовать появления этого сборника, содержащего переводы классических исследований Канта, Лапласа и Джорджа Дарвина.

Представьте себе,—говорит Эддингтон,—что облака на планете, где живет наш воображаемый физик, рассеялись—он впервые увидал звездное небо и начал измерять массы звезд, как это делают наши астрономы [1]). Наш физик увидит около ста миллионов раскаленных газовых шаров различных размеров, весьма различной температуры, но масса их всех лежит в выбранных им пределах предложенного ему ряда 40 шаров, т.-е. в пределах от № 33 по № 35! Сто миллионов совпадений теории с действительностью! Разве это не достаточное доказательство, что современный ученый идет по верному пути? Не будем, однако, скрывать, что среди этих ста миллионов есть несколько исключений. Нам известно некоторое число звезд-гигантов, масса которых в 20 и даже 80 раз больше солнца. Но если вообще верно изречение: „Исключение только подтверждает правило“, то оно в особенности приложимо к данному случаю. Все расчеты о предельной массе звезды, при которой сила тяжести уравновешивается световым давлением, верны, из чего бы ни состояла звезда, за исключением тех случаев, когда в массе звезды преобладает водород. Если допустить большой процент содержания водорода, то равновесие между тяготением и световым давлением наступает для более значительных масс; повидимому, эти звезды-гиганты действительно содержат больше водорода. Таким образом эти немногочисленные исключения объясняются без всяких натяжек.

Совсем недавно Майкельсону, тому самому, который сделал опыт, истолкование которого привело к современной теории относительности, удалось, при помощи весьма остроумного соединения физического прибора—интерферометра с астрономической трубой—непосредственно измерять видимый поперечник звезд. Чтобы наглядно представить, какие это изумительно-тонкие измерения, полезно следующее сравнение. Измерить диаметр звезды равносильно измерению поперечника медной копейки, находящейся от нас на расстоянии восьмидесяти верст! Первое удачное измерение было сделано 13 декабря 1920 года в Америке, на обсерватории Геля, на горе Вильсон. „В этот памятный вечер [2]),—

---

[1]) Так как значительное число звезд оказываются двойными и так как астрономические наблюдения показывают, что движения этих звезд подчиняются закону тяготения, то вычисление массы звезды делается так же, как вычисления массы луны и планет нашей солнечной системы.

[2]) Открытие Майкельсона прошло совершенно незамеченным. Популяризаторы всех стран как-то очень неохотно сообщают об открытиях, которые фактически, а не на словах, подвигают нас вперед в изучении окружающего нас мир.

говорит Эддингтон,—впервые в нашей истории был измерен не посредственно угловой диаметр звезды". Была измерена гигантская звезда Бетельгейзе в созвездии Ориона; так как мы, хотя и не очень точно, знаем ее расстояние от земли, то мы можем определить ее действительные размеры. Она представляет собой шар с поперечником в 360 миллионов верст. Годичный путь земного шара вокруг солнца мог бы свободно уложиться внутри этого шара. В настоящее время измерено уже около десятка звезд. Из этих непосредственных измерений, а также из целого ряда косвенных соображений мы приходим к выводу, что каждая звезда в своем развитии проходит следующие этапы: сначала мы имеем гигантские шары, состоящие из очень разреженного газа и с поверхности относительно слабо раскаленные; по мере сжатия получается так называемая „карликовая" звезда типа нашего солнца, которая, при дальнейшем развитии, сопровождающемся отдачей света и тепла, превращается вновь в красную звезду, но уже потухающую и имеющую гораздо меньшие размеры. Весь этот процесс развития подсчитан Эддингтоном. Отправляясь от данных, полученных физиками в лаборатории, Эддингтон доказывает, что наше солнце, поверхность которого находится сейчас при температуре 5.900 градусов, не могло иметь в предшествующие эпохи температуры выше 6 600 градусов. Нернст на основании очень остроумных, но еще сравнительно мало обоснованных, подсчетов приходит к выводу, что этот наибольший блеск, какой имело наше солнце, оно имело около полутора миллиарда лет тому назад. Звезды более массивные достигают более высоких температур; так, например, Сириус, самая яркая звезда на нашем небосклоне, имеющая массу в два с половиной раз большую, чем наше солнце, имеет сейчас температуру на своей поверхности около 11.000 градусов. Температура же звезд значительно меньших, чем наше солнце, не поднимается выше 3.000 градусов.

Но как мы можем узнать температуру звезд и отличить большую красную, разгорающуюся звезду от красной потухающей? Ведь непосредственно измеренных звезд пока еще не более десятка. Всякий знает, что даже невооруженный глаз отличает белое каление от красного; современный спектроскоп выполняет эту задачу во много раз лучше нашего глаза. Этот же спектроскоп, как показали недавние исследования Адамса и Кольшютера, дает нам возможность по спектральному анализу света определить, имеем ли мы дело с более холодной звездой, имеющей еще малую плотность и температура которой от дальнейшего сжатия

должна повыситься, или мы имеем дело с остывающей, более плотной звездой.

Дальнейшие расчеты, основанные на данных современной физики, позволили Эддингтону по непосредственно определяемой температуре поверхности звезды вычислить температуру внутри звезды; получаются огромные цифры—от 2 до 20 миллионов градусов.

Что будет происходить с газом при такой температуре? На это физики и химики могут дать уже определенный ответ. При этой высокой температуре атомы газа будут двигаться с громадными скоростями и при столкновении друг с другом от них будут отрываться электроны, кружащиеся в каждом атоме вокруг центрального ядра атома. По теории Нернста можно подсчитать—эти расчеты были выполнены учеником Нернста, Эггертом,—сколько при этих условиях должно отщепиться электронов. Сколько их находится в атомах железа, натрия и других элементов, выяснено современными исследователями строения вещества. Так как электроны очень легки, то наш газ будет представлять смесь тяжелых частиц с большим числом очень легких. Если массу атома водорода принять за единицу, то масса атома железа будет 56. Вычисления Эггерта показали, что если железо будет находиться при температуре в несколько миллионов градусов, оно настолько расщепится на входящие в его состав электроны, что масса „средней" частицы,—считая более тяжелые ядра и легкие электроны,—будет немного более 3. Масса „средней" частицы, оказывается, будет близка к 3 при этих условиях почти для всех элементов. Это как нельзя лучше согласуется с тем, что выводит Эддингтон из наблюдений над звездами. Таким образом взгляды, высказываемые Эддингтоном, имеют сильную опору в исследованиях современных физиков и химиков. Это уже не простой полет фантазии.

Несколько лет тому назад, да частью еще и теперь, из установленного физиками закона рассеяния энергии делали поспешный вывод, что вся видимая нами вселенная медленно, но верно стремится к своему концу, после чего ничего уж не будет. Основания для этого были следующие. Любой вид энергии: энергия движения, энергия электрического тока—может на-цело переходить в тепло, т.-е. превращаться в энергию движения атомов, из которых построено все, что мы видим. Обратный переход тепла в видимое движение, т.-е. в согласованное движение большого числа атомов, происходит далеко не полностью; таким образом рано или поздно вся энергия превратится в форму тепла, а тепло

должно рассеяться равномерно по всему миру; тогда не будет никаких видимых движений: наступит „тепловая смерть". Это поспешное распространение на всю вселенную закона, фактически верного в известных пределах, привлекло внимание мистиков и мракобесов всех толков, как „научное обоснование второго пришествия". Этим особенно занимались пропагандисты „христианской науки": в Англии есть такие в большом числе и по сей день! Но предоставим слово по этому поводу проф. В. Нернсту. „Естествоиспытатель не может допустить, что к определенному времени весь мир находился в хаотическим состоянии, из которого стали уплотняться раскаленные солнца, чтобы в конце концов притти в состояние, в котором дальнейшее образование солнц становится более невозможным. Другими словами: представление, что все происходящее на свете началось, так сказать, в один определенный день и к определенному же дню окончательно прекратится, является до такой степени невероятным, что всякую теорию, которая с необходимостью ведет к этому следствию, мы должны считать в высшей степени невероятной и поэтому несовершенной". Что же привело к такому выводу Нернста? Факты, установленные современной звездной астрономией, о которых у нас шла речь при изложении лекции Эддингтона. Ведь мы видим сейчас на небе звезды в самых разнообразных этапах своего развития: на-ряду с потухающими, мы видим значительное число разгорающихся. Статистика звезд различной температуры, пока еще очень неполная в части, касающейся слабо светящихся потухающих звезд, в связи с физическими данными, устанавливающими продолжительность каждого этапа развития звезды, начиная от гигантского клубка еще слабо светящегося, крайне разреженного газа и кончая потухающей „карликовой" звездой, указывает с большой вероятностью, что процесс остывания вполне уравновешивается возникновением новых звезд. Где же здесь почва для предположения, что вселенная возникла сразу и что вся она приближается к неизбежной „тепловой" смерти?

Как же представляет себе Нернст это постоянное чередование: возникновение звезды, ее развитие вместе с окружающими ее планетами, ее потухание и рассеяние, сопровождающееся возникновением новых звезд? Он считает необходимым дополнить теорию Канта—Лапласа. В этой теории была принята в расчет одна только сила тяготения, между тем мы уже видим, какую роль играет световое давление. Нернст указывает на необходимость принимать в расчет еще и явления радиоактивности, а также и те электрические силы, которые проявляются при расщеплении

атомов на электрически заряженные части, что, как мы видели, должно иметь место при высокой температуре. По гипотезе Нернста, из первичной материи—мирового эфира, в котором скопляются громадные запасы энергии, возникают атомы радиоактивных тел; эти „чрезвычайно рассеянные в мировом пространстве новообразованные атомы, очень высокого порядкового числа (с сложным ядром и большим числом электронов), соединяются понемногу (под действием силы тяжести) в холодную туманность гигантского размера, слабое свечение которой вызывается радиоактивным излучением". Благодаря возрастающему уплотнению, возникает высокая температура, которая ведет обыкновенно к световому излучению. Затем, вследствие дальнейшего сжатия, образуется горячая так называемая „карликовая" звезда, т.-е. мировое тело, подобное солнцу. „Однако такое солнце вначале обладает еще мощным запасом радиоактивного вещества, которое именно и поддерживает его высокую температуру и длительное излучение. Затем этот запас понемногу истощается; температура, оставшаяся приблизительно постоянной в течение долгого времени, начинает понижаться, белая звезда относительно быстро переходит в желтую и затем красноватую звезду, чтобы, наконец, охладеть окончательно. В дальнейшем остывшая звезда распадается радиоактивно с чрезвычайной медленностью и..." „через огромный промежуток времени исчезает, таким образом, совершенно с лица мира (превратившись вновь в первичную материю—эфир). В то же время, в среднем приблизительно в таком же самом числе, из вновь возникших радиоактивных атомов образуются новые звезды". Эта смелая гипотеза Нернста прежде всего основывается на предположении, что вся материя радиоактивна, т.-е. что атомы всех элементов обладают, хотя и в значительно меньшей степени, свойством урана, радия и тория взрываться с выделением энергии. Это предположение весьма правдоподобно; во-первых, мы уже знаем, что некоторые элементы, когда-то считавшиеся нерадиоактивными, как, например, калий,—в слабой степени радиоактивны и, во-вторых, никто не знает, может быть, радиоактивные свойства всех остальных элементов в несколько раз слабее радиоактивных свойств калия, тогда они лежат за пределами доступного нашим теперешним методам исследования. Таким образом с этой стороны гипотеза не противоречит известным нам фактам. Гораздо более спорным является процесс возникновения сильно радиоактивных атомов из эфира. Правда, этот процесс, по подсчетам Нернста, должен итти крайне медленно. „Для оправдания моей теории, — говорит Нернст,—достаточно, чтобы на

каждые 100 литров мирового пространства (объем около 10 ведер) один раз в миллиард лет возникло бы по одному атому урана".

В пользу этой чрезвычайно смелой мысли можно пока привести только один факт. Тщательные исследования показали, что все мировое пространство пронизывается так называемыми „гамма"-лучами (лучи, сходные с рентгеновскими, выделяемые радиоактивными веществами), изучение и самое наблюдение этих лучей сопряжено с большими трудностями, но во всяком случае можно считать установленным, что эти лучи не посылаются нам ни солнцем, ни луной, ни чем бы то ни было, находящимся на земном шаре. Единственное предположение, которое еще остается проверить: не служат ли источником этих лучей высшие слои атмосферы? Если это предположение будет отвергнуто, тогда тем самым будет доказано, что источником этих лучей служит рассеянная в мировом пространстве радиоактивная материя и это будет веский фактический довод в пользу теории Нернста в ее наименее обоснованной части. Во всяком случае, эта теория даже в наиболее рискованных своих частях ставит новые вопросы, побуждая к новым исследованиям. Одна из ее интересных особенностей состоит в решительном признании эфира, как первичной материи. В этом отношении попытка Нернста представляет собой одно из проявлений начавшейся сейчас здоровой „материалистической" реакции против увлечения принципом Эйнштейна с его отрицанием эфира. „Может быть, вам известно,— говорит Нернст,— что в настоящее время существование мирового эфира неоднократно подвергалось сомнению; но если нужно согласиться, что большой комплекс явлений может трактоваться без употребления гипотезы светового эфира (курсив наш. *А. Т.*), то, с другой стороны, несомненно, что для многих процессов, например, для объяснения постоянства скорости света, нельзя обойтись без гипотезы промежуточной среды (курсив наш. *А. Т.*). Во всяком случае, когда я безусловно высказываюсь за существование эфира, я имею на своей стороне многих выдающихся физиков".

Если бы даже некоторые из соображений, высказываемых Нернстом, и не оправдались, одно не подлежит сомнению: мы уже не можем более считать, что времена возникновения новых звезд прошли и что мы видим одно лишь угасание, ведущее к „тепловой" смерти вселенной. У тех, кто пытался теорией „тепловой" смерти подвести фундамент под учение церкви, почва окончательно ушла из-под ног! „Наши соображения, — говорит

Нернст,—во всяком случае устраняют „тепловую“ смерть так же, как и рассеяние материи. Наш взор уже не вынужден более рассматривать мир в отдаленном будущем как мрачное кладбище: он видит вселенную непрерывно наполненной появлением и исчезновением ярко светящихся звезд. Пусть то здесь, то там угасает священный огонь солнц; он вспыхивает опять во многих местах с обновленной силой“.

Если Нернсту для того, чтобы полнее изобразить величественный процесс мироздания, приходится порой углубляться в область не имеющих пока под собой твердой почвы гипотез, то отдельные звенья этого процесса, открытые современной наукой, дают Эддингтону полное основание закончить свою интересную лекцию следующей шуткой: „Понять все, что происходит в веществе, например, в том, из которого сделана эта доска (на которой он делал чертежи мелком), поистине трудная задача, лежащая почти за пределами доступного науке наших дней; но мне кажется, не будет с нашей стороны легкомыслием выразить надежду, что в недалеком будущем мы как следует разберемся в такой простой вещи, как звезда“.

XI.

Несколько замечаний по поводу наступления на материализм тов. Гольцмана.

В статье, помещенной в № 1 „Под Знаменем Марксизма“, тов. А. Гольцман пытается доказать, что систематический поход против материализма, который ведется буржуазной философией и частью ученых естественников как на Западе, так и у нас, и который ведется в значительной части под флагом модного теперь принципа относительности Эйнштейна, не имеет ничего общего с революционным существом этого нового учения. Наоборот, принцип относительности будто бы устраняет в естествознании последние остатки метафизики и окончательно утверждает как бы на гранитном фундаменте диалектический материализм. „Учение Эйнштейна,—говорит тов. Гольцман,—есть учение о диалектике в природе“, правда, к этим словам он все-таки, видимо, из осторожности, добавляет: „это, пожалуй, верно“ (стр. 101); но, за исключением этой маленькой тени сомнения, вся статья проникнута одной мыслью: напрасно буржуазная философия ухватилась за оружие, которое бьет по ней самой и скоро окончательно ее добьет.

Слов нет, если бы это можно было доказать всем и каждому с полной ясностью,—это был бы блестящий успех. Если бы можно было доказать, что принцип относительности не дает никакого повода к использованию его в целях борьбы с материализмом, если бы этот принцип действительно открывал нам новые методы изучения природы, и если бы. сверх того, можно было бы поворотить это новое орудие против наступающего,—это была бы двойная победа.

Но как может философ-материалист выполнить такую задачу. Для этого надо быть во всеоружии всего современного естествознания; надо уметь отличать факты от их, может быть, очень

эффектных, но все же произвольных, толкований; надо отличать в той или иной степени обоснованные фактами теоретические построения от того, что лежит еще сейчас за пределами доступного нашему опытному исследованию - опытной проверки. Короче, надо уметь отличать опытную науку от умозрений, оторванных от действительности. Это необходимое условие для правильного диалектического подхода к научным задачам достаточно отчетливо было сформулировано Энгельсом: „Теперь задача заключается не в том, чтобы придумывать связь, существующую между явлениями, а в том, чтобы открывать ее в самых явлениях“ [1]). Для всякого ясно, что эта задача невыполнима без основательного знакомства с изучаемыми явлениями, чего нельзя достигнуть, однако, пользуясь низкопробной в своей значительной части, популярной литературой по принципу относительности, заполнившей книжный рынок на Западе и у нас.

Посмотрим теперь, выполнены ли эти условия, на которые так ясно указывал Энгельс, тов. Гольцманом.

На стр. 96 читаем мы следующие знаменательные слова: „Тела, воспринимаемые нашими органами чувств, кажутся нам сплошь и рядом практически твердыми, и к ним приложима геометрия Евклида. Жидкие и газообразные тела, в которых процесс движения совершается с достаточной быстротой, так что мы можем познавать его на основании чувственного восприятия, не мирятся с Евклидом [2]). Они представляют собой движущиеся системы относительно нас“.

Как основательно, значит, промахнулись Эйлер, Лагранж, Гельмгольц, Стокс, Кирхгоф, Ламб, наш недавно умерший проф. Н. Е. Жуковский и многие другие выдающиеся теоретики и инженеры, когда они по своей наивности думали, что жидкости и газы находятся в прекрасных отношениях с Евклидом и в этом ошибочном предположении возвели стройное здание гидро-и аэродинамики, которыми мы, несмотря на этот смертный грех великих строителей, до сих пор с успехом пользуемся в нашей практической жизни.

Далее, по тов. Гольцману выходит, что и сам Эйнштейн сильно опростоволосился в своей замечательной, можно сказать классической, теории брауновского движения (наблюдается в жидкостях и газах), где он от начала до конца пользуется устарелым Евклидом. Наконец, как это, на самом деле, „не мирящийся с Евкли-

---

[1]) Фр. Энгельс, Людвиг Фейербах, стр. 73.

[2]) Курсив наш.

дом воздух“ носит до сих пор на себе аэропланы, рассчитанные по Евклидовой геометрии. Чудеса да и только! Да, если материалистическая философия, по совету тов. Гольцмана, таким образом будет поучать подрастающее поколение, то не только не видать нам красного воздушного флота, а, пожалуй, в любом, самом простом научном или техническом вопросе, в любой мелочи нас будут водить за нос самые нехитрые спецы из породы нэпманов.

Приведенная нами фраза из статьи тов. Гольцмана — не обмолвка и не описка. Вслед за ней идет изложение того, как современная химия (мы бы предпочли сказать по преимуществу физика. *А. Т.*) привела нас к структуре атома, состоящего из частей, кружащихся наподобие солнечной системы. Все это превращает твердое тело „из системы, находящейся в покое (этого, кроме махистов, ни один современный физик никогда не утверждал. *А. Т.*) в движущуюся систему“, а эта система „подчиняется диалектике и отвергает Евклидову геометрию“. Тов. Гольцман, возьмите, пожалуйста, книжку Зоммерфельда 1922 года „Строение атома и спектральные линии“ (Atombau und Spektrallinien) (самая подробная сводка новейших работ по строению атома в связи с теорией спектра), перелистайте ее 750 страниц и укажите мне, пожалуйста, где, в каком месте Томсону, Рутерфорду, Дарвину, Бору, Зоммерфельду и многим другим, изучавшим теоретически и экспериментально строение атома, пришлось столкнуться с противоречием Евклидовой геометрии? Пересмотрите все мемуары перечисленных только что физиков, напечатанные начиная с 1904 г. в „Philosophical Magazine“, „Annalen der Physik“ и т. д., и вы не найдете ни одного слова о не-Евклидовой геометрии. Простите меня, уважаемый тов. Гольцман, но такое легкомыслие непростительно даже для философа-идеалиста, отмахивающегося от реального мира.

Но в чем дело?—спросит читатель,—не мог же человек, в самом деле, все это сам выдумать. Попытаемся объяснить. Еще в 1870 г. Гельмгольц в своей знаменитой речи „О происхождении аксиом геометрии“ [1]) определенно указывает, что в основе наших геометрических доказательств лежит построенное на физических опытах представление о твердом теле. Это одно из звеньев, соединяющих геометрию с физикой. В самом деле, когда мы говорим, что один угол равен другому или что один треугольник

[1]) Эта речь войдет во второй выпуск сборника, выходящего под редакцией пишущего эти строки: „Философия Науки“ (Естественно-научные основы материализма). Часть I—Физика, выпуск II.

равен другому потому, что они при наложении совпадают, то мы при этом молча допускаем, что наши фигуры при поворачивании и наложении не растягиваются и не сжимаются, т.-е. что они ведут себя, как „твердое тело“.

Но разве из того, что для практического доказательства геометрических теорем надо располагать твердым телом или, по крайней мере, допускать существование [1]) твердого тела, следует, что вся основанная на геометрии Евклида теория движения жидкостей и газов, столь важная для нас по своим техническим приложениям, „вилами на воде писана“? Впоследствии теория Лоренца-Фиц Джеральда и „специальный принцип“ Ейнштейна привели к выводу, что все тела в направлении движения сжимаются. Правда, это сокращение или сжатие никем еще на опыте не было установлено (а по принципу относительности принципиально не может быть установлено наблюдателями, движущимися вместе с испытуемыми телами). Но пусть это даже и верно; наш взгляд на твердое тело должен измениться, но отрицания Евклидовой геометрии отсюда еще не вытекает. Специальный принцип относительности с Евклидом еще не порывает. Этот шаг Эйнштейн делает при установлении своего „всеобщего“, или, мы бы от себя добавили, „абсолютного“, принципа относительности, но об этом речь впереди. Таким образом твердое тело тут не при чем, и звон, который слышал тов. Гольцман, идет не от твердого тела во всяком случае.

---

[1]) Я очень извиняюсь перед читателями за свой грубый и топорный язык в словах о геометрии и твердом теле. Позвольте для смягчения этой грубости привести тонкое определение физического и, в частности, твердого тела, данное Эйнштейном в недавно переведенной на русский язык под редакцией проф. Н. Н. Андреева книжке „Основы теории относительности“, Издательство „Сеятель“, Петроград 1923 г., стр. 8: „Пользуясь языком, различные люди получают некоторую возможность сравнивать свои переживания. При этом оказывается, что некоторые переживания отдельных людей находятся в соответствии, тогда как для других переживаний это соответствие установить невозможно. С переживаниями первого рода, оказывающимися в известном смысле внеличными, мысленно (курсив наш) связывается нечто вне нас существующее - реальность. Эту-то реальность, следовательно, передающую ее совокупность наших переживаний, и изучают науки о природе и простейшая из них — физика. Относительно неизменному комплексу переживаний этого рода соответствует понятие физического, в частности, твердого тела“. Что это, как не махизм? Пусть утверждают сколько угодно, что Мах и некоторые из его последователей расходятся во взглядах с Эйнштейном, и что Эйнштейн не вполне приемлет Маха. После приведенной выдержки, я думаю, можно спокойно вместе с Фамусовым по-

Очень весело разъясняет своим читателям тов. Гольцман, что такое масса: „Масса представляет собою сконцентрированную энергию. Эта „масса представляет собою „поле сил“... (стр. 96), а немного раньше с еще большей определенностью утверждается: „вещество (материя тоже, не так ли? *А. Т.*) представляет собой поле силы, в достаточной (курсив наш) мере концентрированной“ (например, голландское концентрированное молоко, малая банка 15 р. дензнаками 1923 г. *А. Т.*), а через три строчки—не смейтесь, читатель—вы найдете: „Мы видели выше, что это поле есть, в сущности, комплекс движущихся друг относительно друга материальных частиц“ (курсив наш).

Итак, материя есть поле сил, а поле сил есть движущаяся материя, совсем как в сказке: „Жил был царь, у царя был двор, на дворе был кол, на коле—мочала,—начинай с начала“.

Как бы, однако, все это ни было смешно или грустно, смотря по темпераменту читающего, вопрос о массе, материи и концентрированной энергии смущает немало голов в наше время. Благодаря неосторожной фразе Плеханова (в предисловии к книге А. М. Деборина), из которой вытекает, что энергетика не противоречит материализму, многие марксисты ухватились за подогретую принципом относительности философию энергетика Оствальда, на которую в свое время по заслугам обрушился В. И. Ленин. Повторяем, вопрос этот настолько серьезный, что его надо как следует разобрать.

„Движущая материя и есть то, что мы называем энергией или силой“. Нет, тов. Гольцман. Во-первых, мы теперь умеем различать силу и энергию—силу измеряют на практике килограммами, а энергию килограмм-метрами, а это большая разница, и, во-вторых—я чувствую, что очень огорчу вас—энергия не есть движущаяся материя; движущаяся материя нечто более общее, чем энергия. Разъясним на примерах. Представьте себе больших размеров доску, покрытую сукном и уставленную строго горизонтально. Пусть посредине доски находится деревянный шар. Если мы ему сообщим толчок, то шар покатится по покрытой сукном доске и через некоторое время, благодаря трению, остановится. Пусть далее мы до тонкости изучили, как расходуется энергия, сообщенная шару первоначальным нашим толчком, и можем, на основании этого и зная точно величину сообщенной шару энергии, подсчитать, какое расстояние шар прокатится по доске, покрытой сукном. С точки зрения учения об энергии этим все исчерпано. А теперь зададим один вопрос. Пусть нам известно, кроме сообщенной шару энергии, и то место, где он находился, когда

ему дали толчек, и спросим, где шар остановится? Можем мы на этот вопрос ответить благодаря нашим глубоким познаниям в области энергетики? Нет. Мы можем сказать только одно: мы должны описать окружность, взяв за центр то место, где находился шар, когда ему сообщили толчок, а за радиус то расстояние, которое мы вычислили, зная как быстро энергия движения превращается в тепло, благодаря трению шара о сукно. Ответ наш будет таков: шар может находиться в любой точке этой окружности, а где именно — неизвестно, потому что в понятии энергия не включено понятие направление, или, выражаясь ученым языком: энергия величина скалярная, а не векториальная, понятие же движущейся материи включает в себе и направление, в котором это движение происходит, а это обстоятельство очень важное. Что бы вы сказали, тов. Гольцман, если бы, желая отправиться в Питер, отстоящий, как известно, от Москвы на расстоянии 609 верст, вы бы попали на 609 версту линии Москва — Харьков. Что бы вы сказали какому-нибудь махисту, который стал бы вас успокаивать: комплекс переживаний, выражаемый словами 609 верст от Москвы, и есть тот самый, которого вы ожидали; вы к нему стремились, его и получили.

Возьмем пример в другом роде. При помощи блока и веревки я поднял ведро с водой на второй этаж дома и затратил при этом энергию A килогр.-метров. Другой раз я поднял таким же способом два ведра воды на первый этаж (стало быть, на вдвое меньшую высоту); затраченная энергия и в этом втором случае будет также равна А. И в том, и в другом случае затраченная мною энергия перейдет в форму потенциальной энергии поднятого груза. И в том, и в другом случае эта потенциальная энергия равна A. Но представим себе, что из второго этажа выплеснули то ведро, которое я туда поднял, из первого также выплеснули те два ведра, какие там были. Вода, долетевшая до земли из второго этажа, будет иметь бо́льшую скорость, чем упавшая из первого, общий же запас кинетической энергии и в том, и в другом случае будет один и тот же и будет равен A. Таким образом малое количество воды, двигаясь быстро, может иметь ту же энергию, что и большое количество, движущееся медленно, а все-таки это как будто не одно и то же?

Но еще более эта недостаточность одной только энергии для изображения явлений выступает из следующего примера. Атом гелия, вылетающий из разрывающихся атомов радия (так называемая α-частица), вызывает заметную глазу вспышку на экране, покрытом слоем сернистого цинка, но только в том случае, если его ско-

рость превосходит некоторую критическую величину. Та же критическая скорость имеет место для быстро летящего атома водорода, разгоняемого ударом α-частицы. А что это значит? При одной и той же скорости кинетическая энергия у атома гелия в четыре раза больше, чем у атома водорода, так как масса его в четыре раза больше, и все-таки при этих условиях оба атома приобретают способность давать вспышку. Следовательно, атом гелия должен приобрести в четыре раза большую энергию для того, чтобы он мог вызывать свечение. Следовательно, в данном явлении играет роль скорость, а не энергия. Итак, равная энергия—это есть некоторое свойство, общее различным видам материй, находящимся в различных состояниях движения. Но при равенстве энергии тела могут иметь разные движения и могут вызывать различные явления. Невозможность свести все физические явления к одним только превращениям энергии была блестяще доказана Людвигом Больцманом в 1897 году. Эти взгляды Больцмана изложены в книге тов. Ленина „Материализм и эмпириокритицизм“ в V главе, стр. 292. Вообще было бы очень хорошо, если бы наши марксисты, отправляющиеся в поход на естествознание, повнимательнее прочитали бы эту главу из замечательной книги тов. Ленина. Из нее тов. Гольцман мог бы узнать, что как раз то, что его особенно радует, как материалиста,—превращение материи в поле силы—привело уже в неописуемый восторг кантианца Германна Когена, с торжеством восклицавшего еще в 1896 году: „теории электричества суждено было произвести величайший переворот в понимании материи и посредством превращения материи в силу привести к победе идеализма“. Удивительные, право, дела творятся на свете. Материалисты идут под ручку с идеалистами. Это ли не диалектика: дана философия, которая одновременно—и материализм, и его отрицание—идеализм.

Откуда взял далее тов. Гольцман, что мы, грешные естественники, думаем, будто материя может быть неподвижна и что, наоборот, движение может существовать помимо материи, и будто бы учение об энергии, наоборот, избавляет нас от этой метафизики. Как раз наоборот: Оствальд, пытавшийся последовательно построить всю физику и все естествознание из одной энергии, пришел к отрицанию материи,—его философия, выражаясь грубо, сводится к выводу: „я не знаю, есть ли на свете что-нибудь, что называется палкой, но я знаю, что́ скрывается под словом бить“.

А вот в учебнике Кирхгофа, вышедшего в семидесятых го-

дах, дается такое определение материи, которое не очень расходится с тем, что думают марксисты. „То, что движется, есть материя“ (Dass was sich bewegt heisst Materie). Говорить же в отдельности о движении и о том, что́ движется, вынуждает нас следующее соображение, которое очень хорошо было известно Энгельсу и над которым ломают себе голову начинающие изучать естествознание марксисты, скажем от себя, не особенно твердые насчет марксизма,—а таких сейчас в РСФСР довольно много. Вот что следует помнить:

„Движение не может быть создано, оно может быть только передано“ (Анти-Дюринг, стр. 31). Отдельная, специальная форма движения может передаваться от одного тела к другому. Я ударил кием по белому биллиардному шару, он покатился и, ударив по желтому, сам остановился. Стойте, говорят нам, как это такое шар остановился—это значит материя без движения, это злейшая метафизика. Вот этого как раз и боится тов. Гольцман, значит, выходит тогда, что шар не может разлучиться со своим движением и не может передать его другому шару, а это, ведь, видит своими глазами каждый игрок на биллиарде,—остается стало быть, один исход: вспомнить Кузьму Пруткова с его мудрым советом: „не верь глазам“. Теперь давайте посмотрим, как из этого безвыходного положения выходили умные люди: „Всякий покой, всякое равновесие только относительны, имеют смысл по отношению к той или другой определенной форме движения (курсив наш. *А. Т.*), так, например, известное тело может находиться на земле в состоянии механического равновесия, т.-е. механически в состоянии покоя, но это не мешает тому, чтобы оно принимало участие в движении земли, как и в движениях всей солнечной системы, а также не мешает и его физическим частицам испытывать обусловленные его температурой колебания...“ (Ф. Энгельс, Анти-Дюринг, стр. 31). Хорошо писали старики! Вот именно потому, что отдельные формы движения передаются от одного тела к другому, при чем передается и энергия, т.-е. способность производить работу, и является искушение считать энергию за движение. Ведь, в самом деле, при ударе шаров сначала двигался один шар, а потом другой,—в этой определенной форме движения сначала принимала участие одна часть материи, а потом другая; передалось движение—передалась и энергия, а материя-то, ведь, не передавалась: каждый шар так и остался при своей материи. Вот, думается мне, где лежит причина, почему с энергетикой надо быть поосторожней. Поэтому на энергетику радо-

вался кантианец Коген в 1896 году и поэтому тов. Ленин на нее обрушился с резкой критикой в 1908 году. Но ничего этого тов. Гольцман, повидимому, не знает.

Однако это еще не все. Эйнштейн, по словам Гольцмана, открыл замечательный закон, что масса тела M есть „концентрированная энергия, деленная на величину скорости и света“ (неверно, на квадрат скорости света. *А. Т.*) $M = \frac{E}{C^2}$ . . . . . (1).

Здесь мы имеем дело с обычным незнанием истории физики конца XIX и начала XX столетия. Эта формула была выведена гораздо раньше Эйнштейна Джозефом Томсоном и игнорируется буржуазной наукой, хотя книга Томсона в немецком переводе издана в довольно распространенной серии Wissenschaft в 1904 году: Elektricität und Materie, Vieweg, Braunschweig.

По этому поводу пишущему эти строки уже приходилось выступать на страницах „Под Знаменем Марксизма“ [1]). Тогда речь шла об электромагнитной массе. Выясним теперь, как будет обстоять дело с „массой“ энергии. Представим себе две заряженные противоположным электричеством металлические пластинки. Противоположные заряды связаны между собой так называемыми „силовыми линиями“. Их Фарадей, а за ним Томсон представляли себе как вихревые цилиндры в эфире, как нечто вполне реальное. Наблюдать эти силовые линии можно, опустив заряженные металлические пластинки в парафин с угольной пылью. Тогда пылинки выстраиваются по направлению этих линий сил. Теперь положим, что мы раздвигаем эти пластинки—это сопровождается затратой энергии с нашей стороны, так как, ведь, пластинки притягивают друг друга. При этом, с одной стороны, силовые линии растягиваются, а, с другой, раздвинутая пара пластинок обладает большим запасом электрической энергии. Этот избыток энергии в точности равняется той работе, которая была затрачена на раздвижение пластинок. Но представьте себе теперь, что эти пластинки вместе с соединяющими их силовыми линиями—цилиндрическими вихревыми трубками—находятся не в пустоте, как говорят последователи Эйнштейна, а в эфире—в некоторой среде, и представьте, что мы начали двигать один раз сложенную пару пластинок, а другой раз раздвинутые пластинки с сетью находящихся между ними силовых линий. Во втором случае количество увлеченного при движении эфира будет больше, подобно тому, как, идя с раскрытым зонтом, я больше потяну

---

1) См. № 4 за 1922 г. Настоящий сборник—V.

с собой воздуха, чем с закрытым. Подсчет Томсона показал, что эта добавочная масса эфира пропорциональна энергии, сообщенной пластинкам, деленной на квадрат скорости света— точь в точь как у Эйнштейна. Разница только та, что здесь эта масса есть масса части среды, приходящей в движение, т.-е. масса того, что мы называем эфиром, а не „концентрированной силой“ или „силового поля“, что у Эйнштейна имеет совсем не тот смысл, какой придает ему тов. Гольцман. По Эйнштейну „поле сил“ это есть свойство пустого пространства или „эфира“ (теперь Эйнштейн всемилостивейше разрешил употреблять это слово), но такого эфира, который „нельзя мыслить себе состоящим из частей и к которому нельзя прилагать понятия движения“. Таким образом, сам того не замечая или не понимая того, что говорят релятивисты, тов. Гольцман сводит все к движению и упраздняет то, что движется, т.-е. материю.

Хорош защитник материализма! А затем как вам нравится, читатель, диалектика Эйнштейна: эфир, к которому нельзя прилагать понятия движения и который не может состоять из частей?

Стоит еще заметить, что опыты Соудерса, поставленные в лаборатории Томсона в 1910 г., показали, что эта „масса энергии“, т.-е. масса связанного с силовыми линиями эфира, подвержена действию силы тяжести. Это было доказано опытами с маятниками из свинца и урана. Отсюда получается вывод, что и несущиеся со скоростью света силовые линии в потоке лучистой энергии увлекают с собой часть эфира, который также должен быть подвержен действию силы тяжести. Вычисления показывают, что луч от звезды должен отклоняться вблизи солнца именно так, как это предсказала теория Эйнштейна. Сначала казалось, что отклонение по теории Томсона должно получиться вдвое меньше, чем по Эйнштейну. Но в марте 1921 года в „Physikalische Zeitschrift“ Лихоцкий [1]) показал, что результат получается одинаковый с Эйнштейновским [2]). При этом расчете совсем не требуется допущения, что вблизи солнца геометрия будет не Евклидовой. Всеобщая или „абсолютная“ теория относительности требует отказа от Евклидовой геометрии и

---

[1]) Эта статья, как вносящая некоторое охлаждение в бурю восторгов, была встречена молчанием: ее не опровергают и с ней не соглашаются— о ней просто не упоминают.

[2]) Критический анализ фотографий, полученных во время солнечных затмений, показал, что отклонение луча звезды не соответствует теоретическим расчетам Эйнштейна. (*Прим. 1925 г.*). См. также настоящий сборник—XVI.

приходит к тому же результату. Таким образом фактов, доказывающих необходимость отказаться от Евклидовой геометрии, пока еще нет,—из этого вовсе не следует, что нам никогда не придется признать, что Евклидова геометрия есть только первое приближение, но для этого надо будет подождать новых фактов, новых открытий.

Очень интересно, что Томсоновское объяснение позволяет нам освободить физику от носящего явно метафизический характер понятия „потенциальной энергии". Найденное им соотношение показывает, что потенциальную энергию можно представить как кинетическую энергию „связанной массы" эфира. Этим открывается возможность свести всякое преобразование энергии к простой передаче движения от одних частей материи к другим, считая за первичную материю эфир, как это делает Томсон. Если бы работы Томсона, начало которых относится к восьмидесятым годам XIX столетия и построенная на этих же началах механика Герца[1]) (работа в значительной мере замалчивалась) была известна Энгельсу, то он мог бы еще резче и определеннее ответить Дюрингу в вопросе о поднятом камне, висящем „в само себе равном состоянии".

Но станем ли мы на ясную, физически понятную точку зрения Томсона или на точку зрения Эйнштейна, выводящего ту же самую формулу $M = \frac{E}{C^2}$ из метафизических абсолютных мировых постулатов, мы должны будем сказать, что эта формула далеко еще не так хорошо проверена на опыте. По Эйнштейну эта формула имеет абсолютное значение, по Томсону она применима к энергии электромагнитной, что, правда, при наших современных взглядах на материю дает ей весьма широкое поле для применения. Но я говорю, что эта формула еще недостаточно проверена на опыте,—это, конечно, с моей точки зрения узкого специалиста физика; для тов. Гольцмана все это давно строго-настрого доказано. „Этот вывод, между прочим, согласуется с современными взглядами на строение вещества. Как известно, Рутерфорду удалось посредством специальных опытов разложить атом, т. е. неделимую часть живой (разве мы всякую материю должны считать живой? *А. Т.*) материи, расчленение которого есть вместе с тем его уничтожение". Вот это прямо великолепно! Расчленение = уничтожению. Если я, следуя Рутерфорду, при помощи частиц радия выбью из атома аллюминия атом входящего в его

[1]) Механика Герца действительно сводит силу к воздействию одной находящейся в движении части материи на другую.

состав водорода, который я заставлю вызывать видимую глазу вспышку, то этим я уничтожаю атом алюминия? Или это значит, что водород по сравнению с алюминием и азотом есть ничтожество? Так, что ли, надо понимать слово уничтожение? Что же по-вашему, тов. Гольцман, распадение атома радия (атомный вес 226) на атом гелия (ат. вес. 4) и атом эманации радия (атом-вес 222) есть также уничтожение материи? Неужели вы рассчитываете на абсолютно безграмотного в естественных науках читателя?

Но пойдем дальше: „Это разложение атома, произведенное чрезвычайно сложным химическим путем (самым простым механическим разбиванием с помощью быстро летящих частиц радия; изображение весьма несложного прибора—см. „Под Знаменем Марксизма“ № 11—12 стр. 118. *А. Т.*) и привело к освобождению значительной массы энергии. Поэтому необходимо понимать дело таким образом, что разрушение материи есть вместе с тем и распыление некоторой суммы энергии“. Если бы тов. Гольцман прочел хотя бы популярное изложение работ Рутерфорда, то он знал бы, что те запасы энергии, которые выделяются при разложении атома, есть энергия движения частей атома, которые двигались внутри ядра по замкнутым орбитам. Представьте себе вращающийся на веревке камень, пусть веревка обрывается, камень летит в сторону и пробивает стекло. Энергия движения по орбите после разрыва нашей системы произвела определенную работу, выявилась, так сказать, внаружу. Рутерфорд приводит вполне определенную, пока, правда, еще довольно грубую модель ядра. Конечно, при разрыве атома изменяется электростатическая энергия, превращаясь в энергию движения его осколков, а при этом изменяется и масса связанного эфира $M=\frac{E}{C^2}$, но в какой степени это происходит в процессах, открытых Рутерфордом, он сам еще не говорит ни единого слова. Разве только тов. Гольцман сам производил какие-нибудь новые экспериментальные исследования в этом направлении, но тогда почему же он о них умалчивает?

Много можно было бы еще порассказать о великих открытиях тов. Гольцмана в области физики, но я думаю и этого достаточно. В заключение только необходимо сказать несколько слов о „диалектике“ Эйнштейна, столь прельщающей тов. Гольцмана.

„Вся природа приведена Эйнштейном в движение, и вселенная в целом представляет собой такой хаос событий, при котором аристотелево-птоломеевский мир представляется тихой пристанью“. А слыхал ли тов. Гольцман, что для того, кто верит

в теорию Эйнштейна как он сам, птоломеевский мир в равной мере возможен, как и мир Коперника? Вот первые слова курса лекций проф. Э. Р. Неймана по теории Эйнштейна, изданных в 1922 году. „Известно, что во времена Коперника, Кеплера и Галилея шел жестокий спор о том, вращается ли солнце вокруг земли или земля вокруг солнца. Если мы теперь в наши дни определим свое положение в этом споре, то мы должны будем сказать, что обе точки зрения вполне равноправны“.

Не правда ли, заманчивая диалектика. Земля и стоит, а солнце вокруг нее ходит и в то же время она сама ходит вокруг солнца. Как хорошо: и марксисты радуются и попам, в Ватикане и иных местах находящимся, не грустно! Ведь, Галилей, значит, напрасно кипятился, а святая церковь была не так уж далека от истины.

Далее тов. Гольцман называет „апофеозом диалектического материализма“ аналитический прием выражать мир движущихся и изменяющихся вещей как протяженность четырех измерений. Выходит, что до Эйнштейна и Минковского никто и не думал, что вещи двигаются. Это, правда, очень распространенная ошибка, в которую впадают читатели, совершенно незнакомые с естествознанием и любящие философствовать в связи с принципом относительности. Метод Эйнштейна и Минковского есть не более как распространение графического метода, притом чисто словесное (так как изобразить четыре измерения в нашем трехмерном мире мы не можем), но практически для вычислений весьма удобное. Одно только любопытно в этом четырехмерном мире, в этой, по словам, Гольцмана, „постоянной сутолоке вселенной“ где „нет ничего постоянного“, не хватает одной мелочи... движения! В этом мире все так же неподвижно, как на наших диаграммах, изображающих графику движения железнодорожного поезда, увеличение производительности наших фабрик, рост и убыль эпидемий. На чертежах, ведь, ничего не движется. Так же точно неподвижны и так называемые „мировые линии“ тел в четырехмерном „мире Минковского“. Ведь в этой схеме, где время играет ту же роль, что и любое измерение пространства, положение любого тела изображается одновременно для любых моментов, для всей вечности не более и не менее! и все это четырехмерное изображение вселенной есть навеки застывшая система геометрических линий, где ничто не шелохнется. Недаром Артур Гааз в своей речи в венском философском обществе говорит. „Мир Минковского, рассматриваемый как арена физических событий, есть осуществление определения вечности, даваемого Фомой Аквин-

ским: вечность он называл „Nunc Stans“ („остановившееся ныне“). Большое надо иметь воображение, чтобы увидеть здесь диалектику!

Вообще все, что у Эйнштейна похоже на диалектику, все это относится к тому, что лежит за пределами опыта (в общечеловеческом смысле этого слова, не махистском).

События могут быть одновременны и одновременно не одновременны.

Длина моего стола может быть одновременно и такая, какую я измерил линейкой, и одновременно какая угодно другая [1]). Все это очень диалектично, но, к сожалению, недоступно для нас и по Эйнштейну принципиально недоступно.

Если я двигаюсь вместе с изучаемым мною предметом, то все мои часы изменят свой ход, все мои аршины и метры изменяются одновременно. Если бы что-нибудь не подчинилось этому, то я бы узнал, что именно я вместе со всеми изучаемыми предметами двигаюсь, а не то, что находится вокруг меня, а это подорвало бы самый принцип относительности, по которому собственное движение системы, в которой производится исследование, не влияет на ход явлений.

Правда, принцип относительности допускает возможность наблюдателю заметить, что в движущемся по отношению к нему поезде часы идут иным ходом, чем у него самого и что знакомые ему предметы укоротились благодаря движению. Но заметные изменения произойдут лишь в том случае, если движение будет происходить со скоростью 10000—20000 километров в секунду.

---

[1]) В основе рассуждений релятивистов лежит предположение, что время определяется часами в той системе, в которой находится наблюдатель: у другого наблюдателя, связанного с другой системой часов, и движущегося по отношению к первому наблюдателю, будет другое время. То, что одновременно для одного, может не быть одновременным для другого. Помимо этих времен, существующих для отдельных наблюдателей, никакого времени вообще не существует. Если бы речь шла о том, что при существующих способах измерения времени каждый наблюдатель может измерить только то, что ему показывает его система часов и что это именно и совпадает с Эйнштейновским временем, то против этого нечего было бы и спорить. Но утверждение, что помимо различных систем часов и того, что они показывают, нет никакого времени,—равносильно утверждению, что времени объективно не существует.

Материалист отправляется от того, что материя—мир—существует во времени и в пространстве независимо от его сознания. Материалист не может никогда согласиться с релятивистом, что если в один прекрасный момент остановятся все часы, с помощью которых он определяет время, то от этого и само время должно „приказать долго жить“.

Мы таких быстрых движений осуществить не можем, а если бы и могли осуществить, не угодно ли убедиться, что часы идут медленнее нашего или что аршины стали короче в поезде, который промелькнет перед нашими глазами со скоростью 20000 километров в секунду?

Таким образом эта диалектика застрахована от опытной проверки и все метафизики могут спать спокойно,—их эта диалектика не тронет. Те же части теории Эйнштейна, которые касаются доступного непосредственному измерению и наблюдению, поражают своей метафизичностью.

Об эфире, который нельзя себе мыслить состоящим из частей и к которому неприложимо понятие движения, мы уже говорили.

Но и самая формулировка принципа относительности проникнута метафизикой, чем-то абсолютным. „Все Гауссовы системы отсчета равноценны", что в переводе на общепонятный язык равносильно утверждению, что все явления природы будут протекать с точки зрения наблюдателя, движущегося относительно нас с вами, читатели, совершенно так же, как и для нас, какие бы сложные движения по отношению к нам ни совершал этот наблюдатель. Это положение у Эйнштейна носит абсолютный характер, и для того, чтобы его провести, для того, чтобы его навязать природе, требуется допущение равноценности системы Коперника и Птоломея, к великой радости служителей культа разных окрасок, для этого надо отказаться от геометрии Евклида и проч.

Всего этого можно пока избегнуть, так как фактов, заставляющих нас отказаться от Евклидовой геометрии, пока еще нет, может быть это и случится в будущем: поживем, увидим.

Каков будет наш вывод? Философ, стоящий на почве диалектического материализма, должен, прежде всего, владеть наукой своего времени, иначе для него дорога будет не от Гегеля через Маркса вперед, а он незаметно для себя при всех своих добрых марксистских и коммунистических намерениях поплетется от Маркса вспять к Гегелю и дальше. Защищая диалектический материализм, можно незаметно для себя, как это случилось с тов. Гольцманом, попасть в лагерь идеалистов разных толков, безуспешно штурмующих эту действительно неприступную крепость.

Произведения, подобные „Наступлению на материализм", могут или сбить с толку неопытного читателя и отдать его в лапы первому встречному философу-идеалисту или вызвать невольный и в данном случае в применении к данной философии вполне справедливый отпор: „Философию за борт".

XII.

Эйнштейн, материализм и тов. А. Гольцман.

Ответ на ответ.

Тов. А. Гольцман жестоко на меня обиделся за то, что я в моей статье, напечатанной в № 6—7 „Под Знаменем Марксизма“ без всяких оговорок и стеснений указазал на недопустимые промахи, которыми переполнена его статья „Наступление на материализм“. Слов нет—бывает очень неприятно, когда тебе укажут на твои ошибки и в особенности после того, как сам во всем разберешься и убедишься, что ошибки действительно были. Тогда—и это вполне естественно—хочется, с одной стороны, найти для себя какие-нибудь смягчающие обстоятельства и, с другой,—найти какой-нибудь повод, чтобы хоть чем-нибудь уколоть противника. В таком состоянии, однако, легко наговорить больше чем следует, и в ответе тов. Гольцмана на мои возражения мы имеем яркий тому пример. „Его (т.-е. меня. *А. Т.*) шокирует мысль, что люди, не обладающие профессорскими „титлами“ (курсив наш. *А. Т.*) и не специализировавшиеся в той или иной отрасли естествознания, имеют смелость суждения о принципе относительности“. Теперь позвольте задать вопрос: где и когда в печатной, рукописной или устной форме я это высказал? Или, быть может, вы обладаете даром чтения мыслей? Тогда, мой совет, не полагайтесь на эту способность, так как она приводит всего только к неособенно похвальным приемам полемики.

Знать то, о чем говоришь и пишешь—это такое правило, которое должно соблюдаться всеми, без всякого исключения. На исполнении этого правила я только и настаиваю, при чем же тут демагогия о профессорских „титлах“, питаемая разгоряченной фантазией?

Что бы вы сказали, тов. Гольцман, о таком естественнике—допустим, профане в области общественных наук и элементарной политграмоты, который бы где-нибудь сказал или даже напечатал, что нет никакой разницы между большевиками и меньшевиками, потому что и те и другие считают себя марксистами? Мы бы, конечно, вместе с вами—я непременно бы вам помог—изобличили невежду, и я уверен, нас никто не обвинил бы в „уччванстве“, если и мне будет позволено писать, по выражению тов. Демьяна Бедного, „на чорт знает каком языке“.

Но какой смысл останавливаться так долго и на таких пустяках, скажет хладнокровный читатель? К крайнему сожалению, это необходимо, и необходимо в первую голову потому, что именно здесь, в этих, казалось бы, мелочах мы и находим ключ для объяснения всего спора—всей нашей дискуссии. Ход мысли тов. Гольцмана таков: что за беда, если я не знаю каких-то мелочей, над которыми копошатся разные физики, химики и прочие там всякие естественники; нам, философам-материалистам, нет никакого дела до ваших теорий, до всяких эфиров—мы никому из вас монополии давать не будем. Чтобы читатель, однако, не подумал, что я только для отвода глаз писал по поводу чтения мыслей, чтобы самому мне было удобнее сейчас же заняться этим мало похвальным делом, я приведу подлинные слова самого товарища Гольцмана. „Материализм сохраняет полный и безусловный нейтралитет по отношению к физическим основам теории Эйнштейна. Он может высказаться исключительно с точки зрения философской ее приемлемости“. „Материализм, опять таки и в математике, как и в физике, не намерен предоставлять монополии той или иной теории“. „Существует ли эфир или нет—материализму до этого нет дела“.

Простите, т. Гольцман, за то, что я вам возвращаю комплимент, но в этих ваших словах сказывается чванство философа, которым вы сильно заражены и которым, как правило, болеют философы идеалисты, с презрением относящиеся к насущным задачам естествознания. У вас это вид чванства, повидимому, вытекает из вашего своеобразного применения диалектического материализма к естествознанию. „Чего требует материализм от физики? Не очень много. Для того, чтобы физическая теория удовлетворяла диалектическому материализму, необходимо и достаточно, чтобы она сводила все события в природе к процессу веществ“ (курсив автора). Нет! тов. Гольцман, тысячу раз нет! Необходимо, но не достаточно! А где же тогда критерий практики? Ведь это очень и очень

существенная сторона теории познания диалектического материализма. Вот вам наглядный пример. Знаете ли, какая у меня есть теория? Когда на меня смотрит кто-либо из моих собеседников и моргает глазами, то в этот короткий срок, измеряемый долями секунды, я, пишущий эти строки, успеваю слетать на одну из планет, вращающихся около Сириуса, и вернуться обратно; это происходит так быстро, что я сам об этом ничего не помню. Мне возражают, что не все моргают сразу: кто-нибудь да удосужится когда-нибудь увидеть ваш полет. Все это верно, отвечаю я, но так как впечатления в глазу сохраняются довольно долго, во всяком случае вполне ощутимые доли секунды, так как я все-таки большую часть времени провожу на земле, то принципиально мой полет никто не может увидать. Не видят же люди летящий снаряд? А что касается фантастической скорости, то ведь теперь даже Эйнштейн разрешает говорить о скоростях больше чем 300.000 километров в секунду. Давайте обсудим: подходит ли теория под те немногие требования, какие должен предъявлять материалист с вашей точки зрения? Что я сам, пишущий этот неприятный для вас ответ, состою из материи—в этом никто не усомнится, и что мое путешествие есть процесс и даже самое простое движение материи—это тоже не подлежит сомнению. Теперь, скажите пожалуйста, тов. Гольцман, по совести, достаточно всего этого, чтобы с моей вздорной теорией должен был считаться материалист? Вот что значит забыть про критерий практики! Материализму дела нет, говорите вы, существует ли эфир или нет. Что же? Очень хорошо! Значит, материализму дела нет, опровергает ли наука чудеса или проповедует оные. Признание факта существования волн света и волн в тысячи раз более длинных, употребляемых в радиотелеграфе и радиотелефоне, никем не отрицается, даже самыми рьяными поклонниками Эйнштейна. С другой стороны, некоторыми отрицается существование той среды, в которой бегут эти волны. Признавать волны и отрицать то, что волнуется—значит, проповедывать самое доподлинное чудо: существует движение—не существует только то, что движется! В моей статье я привел метафизические взгляды Эйнтшейна на эфир. Новый эфир, декретированный Эйнштейном, нельзя мыслить состоящим из частей и к нему нельзя применять понятие движения и покоя. На это т. Гольцман просто не обратил внимания, отмахнувшись от эфира вообще. И еще с видом победителя объявляет, что ни я, ни тов. Максимов не указали, в чем теория Эйнштейна не согласуется с диалектическим материализмом. Кто же, спрашивается, прибегает „к пустым уверткам“?

Но есть места в ответе тов. Гольцмана прямо изумительные: „Когда же тов. Тимирязев борется против электрической теории материи во имя материализма, то он служит не богу, но Маммоне. Ибо материализм отнюдь не возражает против единства материи“...

Тов. Гольцман, читали ли вы мою статью, которая вас так рассердила, как следует, или только „просматривали“? Что же я делал, как не защищал электрическую теорию материи, излагая ясные взгляды Томсона на единство материи и эфира? Об этом же вопросе я писал и раньше в № 4 „Под Знаменем Марксизма“ за 1922 г., на эту же статью я ссылаюсь в статье, посвященной разбору вашего „Наступления на материализм“. Я только защищаю материалистический взгляд на электрическую теорию материи Томсона и восстаю против идеалистических истолкований тех же самых положений, что и у Томсона, но выводимых из абстрактных постулатов Эйнштейна.

Различие между этим двумя взглядами можно увидеть на следующем, хотя бы и очень грубом примере. Я махаю сложенным и свернутым зонтом—мне это легко: я рассекаю воздух и очень мало увлекаю его с собой. Далее я раскрываю зонтик, преодолевая сопротивление пружинящих прутьев, и передаю им энергию, которую я при этом затрачиваю. Зонт обладает теперь некоторым избытком энергии в виде согнутых прутьев. Если я теперь начну им махать, мне будет труднее это сделать—я должен двигать значительно большие массы воздуха,—раскрытый зонт не рассекает так хорошо воздух, как это делает свернутый. На этом примере наглядно иллюстрируется мысль Томсона. Увеличение энергии сопровождается изменением формы изучаемой системы, вследствие чего эта система увлекает с собой больше вещества из окружающей среды—эфира; масса этого эфира и есть та масса, которую Эйнштейн приписывает самой энергии. Эти глубокие мысли были встречены весьма холодно буржуазной философией, потому что они строго материалистичны. А когда, опираясь на постулаты Эйнштейна и на подогретую энергетику Оствальда, стали говорить, что „поле силы“ или заключенная в ней „энергия“, т. е. „способность производить работу“ (другого определения энергия не имеет), имеет сама массу, а потому никакого вещества или „носителя энергии“ больше не надо, тогда все идеалисты, а вместе с ними и тов. Гольцман, возрадовались. Еще Оствальд утверждал, что единственная реальность есть энергия, носитель же энергии—материя—ничем себя не проявляет,—это непознаваемая, а потому и никому не нужная вещь в себе;

не гладко выходило у него только насчет массы, как на это указал Больцман. Эту полемику обстоятельно разбирает тов. Ленин в своей замечательной книге „Материализм и эмпириокритицизм". „Против оствальдовской энергетики Л. Больцман полемизировал неоднократно с точки зрения физики (видите, тов. Гольцман, Владимир Ильич не говорит: нам, материалистам, нет дела до ваших специальных вопросов. *А. Т.*), доказывая, что формулу кинетической энергии (половина массы, помноженной на квадрат скорости), Оствальд ни опровергнуть, ни устранить не может и что он вертится в порочном кругу (вспомните, т. Гольцман, ваш собственный порочный круг—материя—есть поле сил, а поле сил есть движущаяся материя. *А. Т.*), выводя сначала энергию из массы (принимая формулу кинетической энергии), а потом массу определяя как энергию"[1]). Как же не радоваться, если теперь, на основании абстрактных постулатов Эйнштейна, можно строго логически доказать, что масса—это не свойство материи или эфира, а свойство энергии, т.-е. „способности производить работу", и никакого носителя энергии, т.-е. вещества-материи, больше не нужно. Вопрос, как видите, очень серьезный и притом философский, а вы с высоты вашего философского величия этого не заметили и забавляете своих читателей, что у меня речь идет только о приоритете Томсона и что я, как подобает узколобому „тигулованному" педанту, говорю глупости, с одной стороны, эта формула, как томсоновская, хороша, а с другой, как эйнштейновская, плоха, „ибо известно: что русскому—здорово, то немцу—смерть". Этот, опять-таки, не особенно похвальный, но зато весьма удобный, полемический прием приводит т. Гольцмана в весьма божественный экстаз.

„Послушайте, т. Тимирязев, Ильича и укажите, Христа ради, где это Ильич опасается замены материи энергией (или вы, быть может, оспариваете, что электричество есть энергия?)". Вот в том-то и дело, что электричество не энергия, и вам, как работнику Глав-Электро, не мешало бы это знать! В книге Ильича вы действительно нигде не найдете, чтобы он боялся замены материи электричеством (но электричество — не энергия, тысячу раз не энергия!). Представьте себе, этого и я нисколько не боюсь, потому я и отстаиваю взгляды Томсона и его электрическую теорию материи. А об энергии тов. Ленин достаточно ясно выразился в одном примечании к изложению материалистических взглядов Больцмана. Речь идет об одной рецензии учебника фи-

---

[1]) „Материализм и эмпириокритицизм", стр. 292.

зической химии. Желая похвалить книгу и желая показать свое согласие с точкой зрения автора, Больцман пишет: „Автор строго держится за дуализм материи и энергии“. К этому месту есть ценное примечание тов. Ленина. „Больцман хочет сказать — автор не пытается мыслить движение без материи. Говорить о дуализме здесь смешно. Философски монизм и дуализм состоят в последовательном или непоследовательном проведении материализма и идеализма“ (стр. 294). Те, кто пытаются свести все явления к одной энергии (за подробностями отсылаем читателя к нашей статье „Наступление на материализм тов. Гольцмана“, № 6—7, 1923 г., стр. 232; настоящий сборник—XI), неминуемо приходят к выводу, что существует одно только движение, но мы ничего не знаем о том, что движется. Оствальд считал энергию реально существующей помимо нашего сознания, он признавал объективность движения и только отрицал объективность носителя движения, оттого на него нападали и материалисты, и идеалисты; так всегда бывает с эклектиками. Теперь спрашивается, кто же не понял книжки тов. Ленина? Далее, считая насущнейшие задачи физики не интересными и не важными для материалиста и отвергая критерий практики, вы, понятно, считаете неосновательными мои и тов. Максимова замечания насчет „умозрительности“ теории Эйнштейна. По-вашему, это все не имеет никакого отношения к сути дела, т.-е. к вопросу, вяжется ли теория относительности с материализмом, или нет.

Вы, не без яду, по этому поводу замечаете, что требование, предъявляемое всеми здравомыслящими учеными — требование опытной поверки теории и особенно такой парадоксальной, как Эйнштейнова,—требование не марксистское. „Отсюда,—говорите вы,—прямая, давным-давно проторенная дорожка к позитивизму—узколобой „философии“ естествоиспытателей буржуазной ориентации“.

Так, так, очень хорошо! Для того, чтобы сделать пакость позитивизму, мы должны забыть, что опыт естествоиспытателей имеет мало что общего с опытом в эмпирио критико-символико-монистически-махистском смысле, мы должны забыть основы своей собственной философии, мы должны отказаться от проверки всех наших теоретических построений опытом—практикой, от диалектического превращения „вещей в себе в вещи для нас“! Ведь, как будто бы, мы все должны знать, что „господство над природой, проявляющее себя в практике (курсив наш. *А. Т.*) человечества, есть результат объективно верного отра-

жения в голове человека явлений природы, есть доказательство того, что это отражение (в пределах того, что показывает нам практика) есть объективная, абсолютная, вечная истина" [1]). Нет, тов. Гольцман, нам с вами не по пути: мы не настолько испугались „узколобой философии естествоиспытателей буржуазной ориентации", чтобы им на смех повернуть от Маркса вспять через Гегеля в умозрительные дали...

Вы видите, опять у нас разногласия не в мелочах, а в чем-то гораздо более существенном.

Переходим теперь к Евклиду. Тут тов. Гольцман почувствовал себя смелее, спрятавшись за спину Лафарга. Но беда в том, что статья Лафарга в части, посвященной не-Евклидовой геометрии может, действительно, ввести в некоторое заблуждение. Лежит ли вина здесь на плохом переводе [2]), или недостаточно четком изложении самого Лафарга, или, наконец, дело сводится к допущенной Лафаргом ошибке—сказать трудно, не имея подлинника. Во всяком случае здесь необходимо разобраться по существу. Основная мысль у Лафарга безусловно правильная—к не-Евклидовой геометрии легко притти, изучая геометрию кривых поверхностей. А что заставило изучать геометрию кривых поверхностей? Ясно—далекие путешествия по поверхности земного шара.

Действительно, не-Евклидова геометрия развилась после того, как далекие, так называемые „кругосветные", путешествия вошли в обиход. Но надо сознаться, что такой наглядный подход к не-Евклидовой геометрии от геометрии кривых поверхностей не высказывался ни Лобачевским, ни Гауссом, ни Болиаи, насколько мне, по крайней мере, известно. Это истолкование было дано позже знаменитым итальянским математиком Бельтрами. Впрочем, вполне возможно, и история, быть может, когда-нибудь это докажет, что и Лобачевский пользовался подобными наглядными геометрическими образами, но не привел их в окончательном изложении. Мы знаем немало примеров, когда ученые для стройности и строгости изложения тщательно убирали те „леса", которые им были необходимы для постройки здания. Но дело совсем не в этом: неужели тов. Гольцман думает, что Евклидова геометрия не знает кривых линий и поверхностей? Ведь, если мы говорим о не-Евклидовой геометрии на шаре, или какой-нибудь другой поверхности, то только

---

1) Н. Ленин, Материализм и эмпириокритицизм, глава III, стр. 190.
2) Сборник, под редакцией Семковского, Москва 1919.

при одном условии, о котором у Лафарга ничего не сказано: мы должны отвлечься от всего, что находится вне этой поверхности; мы должны временно запретить себе думать о чем-либо, выходящем за пределы шаровой поверхности—мы должны мыслить себя существами двух измерений! Тогда на шаре (см. рис. 1) роль прямой линии будет играть дуга *AMB* большого круга; о существовании хорды *ANB* мы должны временно забыть, иначе опять попадем в гости к Евклиду. И вот, если мы примем указанные условия и будем считать дугу большого круга за прямую, тогда и только тогда можно говорить о не-Евклидовой геометрии. Тогда между двумя точками — полюсами шара *A* и *C*—будет не одна „прямая", а бесчисленное множество — каждая дуга меридиана есть кратчайшее расстояние от *A* до *C*, считая по поверхности. Но как только мы снимем с себя запрет и хотя бы мысленно уйдем с поверхности, то тогда сейчас же окажется, что кратчайшее расстояние от *A* до *C* есть самая настоящая Евклидова прямая, и она—единственная (см. рис. 1, пунктирная линия *AC*). Неверно также утверждение Гольцмана со ссылками на Лафарга, что не-Евклидова геометрия нам навязывается, как только мы начинаем оперировать с большими участками земной поверхности. Бывают случаи, когда мы не ограничиваемся поверхностью земли. Волны землетрясения бегут, например, как по поверхности, так и по прямым линиям, самым настоящим Евклидовым хордам *AB*. Сейсмологи, изучив скорость распространения волн как по поверхности земли, так и по хордам *AB*, могут определить по промежутку времени, отделяющему прибытие сигнала через толщу земли по хорде от прибытия волны вдоль поверхности, на каком расстоянии находится очаг землетрясений. Расчет основан на элементарной задаче Евклидовой геометрии. Итак, вопреки всем вашим догадкам, тов. Гольцман, все те физики и механики, о которых я упоминал в своей статье, и много-много других, о которых я ничего не говорил, пользуются и поныне самой старой Евклидовой геометрией. Кроме теории относительности, ни в одном вопросе физики не-Евклидовой геометрией не пользуются, запомните это, как следует! Ваше

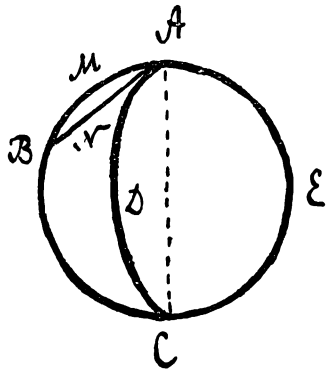


Рис. 1.

сравнение с санскритским языком никуда не годится. Изучающие строение атома физики говорят по-Евклидовски—на чистейшем Евклидовом языке! И не только говорят, но, что еще гораздо важнее, нисколько этим не смущаются!

В заключение несколько слов о „социальной характеристике теории относительности“ и о блоке с „лысым папистом, черносотенцем и жидоедом Ленаром“.

Тов. Гольцман совершенно игнорирует мои достаточно ясные указания на то, что одно уже стремление навязать природе во что бы то ни стало всеобщую относительность заставляет Эйнштейна и его последователей доказывать ошибку Галилея в его споре против учения св. церкви. Правоверный релятивист, сидящий в тисках своей теории, принципиально не может и не должен знать, движется ли земля, или нет. А что это по совершенно объективным условиям на-руку попам всех оттенков и категорий, так тут уж двух мнений быть не может. Говорят, что решительно все в естествознании можно использовать для борьбы с материализмом, а так ли это? Скажите, пожалуйста, был ли использован спинтарископ, демонстрирующий наглядно действия каждого отдельного атома, для каких-нибудь мракобесных целей? Использовали ли метод Вильсона, заставившего облака водяного пара выделяться на путях, по которым только что пролетел атом или электрон, для измерений в мире сновидений и духов, как это не без видимого внешнего успеха делает с помощью специального принципа Эйнштейна проф. В. Г. Богораз-Тан в своей книжке „Эйнштейн и религия“?

А что же касается проф. Ленара, то я не хуже вас знаю, что он черносотенец и антисемит. А разве наш знаменитый академик И. П. Павлов придерживается очень советских взглядов? Все это, конечно, очень грустно. Но что и Павлов, и Ленар в естествознании—настоящие материалисты, так это очень хорошо! Блокироваться с материализмом не плохо — если материализм настоящий, хороший—и притом от кого бы он ни исходил. Радоваться же тому самому, чему радовался идеалист Герман Коген, как это невзначай с вами случилось, по-моему, для материалиста много хуже, и указание на столь прискорбное событие я никак не могу назвать демагогией.

За одно только ваше решение, тов. Гольцман, я могу порадоваться, так как оно избавляет меня от длинных и скучных выписок. Вы решили на этот раз не говорить о научных заслугах Ленара, о чем „можно было бы немало поговорить отдельно“. Позвольте по этому поводу подать вам товарищеский совет: не

пишите на эту тему и впредь. Во-первых, это как-будто соответствует вашим взглядам: философу-материалисту не стоит говорить о вопросах, занимающих только специалистов, а во-вторых, „Известия ЦИК", откуда вы заимствовали сведения о черносотенных похождениях Ленара, очень хорошая газета, но полагаться на нее при решении вопроса о заслугах людей науки перед наукой все-таки в высокой мере рискованно [1]).

Я очень жалею, тов Гольцман, что опять вынужден был наговорить вам немало неприятных вещей. Вы называете это не товарищеским образом действия. Но я все-таки полагаю, что первый долг товарища говорить все на-чистоту, ничего не утаивая. Теперь я думаю, для всех и особенно для нас с вами ясно, что корень наших разногласий лежит не в каких-нибудь деталях. Вы считаете, что материалистическая философия должна жить и развиваться в стороне от естествознания, предоставив естественникам делать их дело и только время от времени слегка их осаживать. А я думаю, что прав был Энгельс, когда он говорил, что „поскольку в каждой отдельной науке предъявляется требование выяснить свое положение по отношению к общей связи явлений и в сфере их познания, всякая особая наука об этой общей связи становится излишней. От всей прежней философии остается еще, в качестве самостоятельной науки, учение о мышлении и его законах—формальная логика и диалектика. Все прочее относится к положительной [2]) науке о природе и истории" [3]).

---

[1]) В той же самой статье в „Известиях", где говорится о черносотенных выходках Ленара, дано нелепо тенденциозное изложение научных работ этого крупнейшего физика и глубокого мыслителя, к сожалению, являющегося отчаянным реакционером. Автор заметки задался целью показать, что Ленар и в науке ничего не сделал. Это в стиле „Ревизора": если тетка у него есть, то и ей желаю всякой пакости! Конечно, для газетного сотрудника легко вычеркнуть работы Ленара из современной физики. Но можно только порадоваться, что подобные статьи забываются так же скоро, как и пишутся. На-ряду с этим и наши ученые часто пользуются в своих статьях выводами Ленара, затушевав слегка его материалистические взгляды и выдавая их за свои; не знаю, следует ли применять вообще подобные методы даже по отношению к черносотенцам? Я полагаю, что мы достаточно сильны и можем с успехом оставить в стороне подобные методы борьбы.

[2]) Какие страшные, тов. Гольцман, слова решался произносить Энгельс! не к ночи будь они помянуты!

[3]) Анти-Дюринг, стр. 7.

XIII.

Ленин и современное естествознание.

Последние годы XIX века и начало XX были отмечены исключительными открытиями в области физики и химии, открытиями, наложившими печать на все последующее развитие этих наук. Новые, поразительные по своей смелости, методы экспериментальной техники позволили проникнуть в самую глубь строения вещества. Удалось впервые установить тесную связь между электричеством, материей и эфиром. Ведь, именно в эти годы Ленаром, Кауфманном и Томсоном был открыт электрон, как мельчайшая составная часть материи; были подтверждены на опыте впервые высказанные Томсоном мысли о том, что электрический заряд должен обладать массой, изменяющейся в зависимости от скорости его движения, наконец, были открыты и изучены лучи Рентгена. Это была пора, когда складывалась электрическая теория материи. Об этой поре Эрнест Рутерфорд, один из виднейших физиков нашего времени, в своей недавней речи, произнесенной на съезде Британской ассоциации, говорит, как об „эпохе ренессанса"—об эпохе возрождения физики [1]). Но этот удивительный подъем в области науки был встречен в широких кругах так называемого „образованного" общества, находящегося под влиянием философов-идеалистов, мастерящих общественное мнение, благоприятное для правящих классов, как полное банкротство старого естествознания, как полное банкротство материализма. Именно эта мутная волна попятного движения в области философии, будто бы поддерживаемая неоспоримыми данными новейшей науки, докатилась до России в годы торжества реакции, после памятного 1905 года. Таким образом столь хорошо известная попытка „исправлять" или „дополнять" учение

---

[1]) „Под Знаменем Марксизма", 1923 год, № 12.

Маркса в период „ликвидации“ революции 1905 года неожиданно оказалась связанной с новейшими успехами физики!

Владимир Ильич сразу заметил опасность, которая грозила отступившей, но не разбитой в 1905 году пролетарской партии, и со всей страстностью революционера обрушился на этот модный тогда философский уклон. Мы только теперь можем как следует понять, насколько глубоко Владимир Ильич оценил грозившую тогда опасность. Мы теперь хорошо видим, что измена социал-демократии философским взглядам Маркса и Энгельса идет рука-об-руку с изменой рабочему классу. Мы видим, что вырастающие на наших глазах болезненные явления вроде „рабочей правды“ тесно связаны с отступничеством от нашей материалистической философии. Теперь это все ясно, но тогда, в эпоху дикого царского самодержавия, увидать опасность в каких-то философских выводах из новейших физических теорий! Какой зоркий глаз надо было для этого иметь!

Владимир Ильич сразу понял, что не замечательные открытия физиков и химиков тут виноваты. Ученые виноваты только в одном: они не знают диалектического материализма и потому, когда они пытаются зищищать от фалософов ту материалистическую точку зрения, на которую их „стихийно“ влечет их научная работа в тех немногих случаях, когда они за это берутся, они путаются и своим беспомощным барахтаньем в философских вопросах способствуют внешнему успеху своих „критиков“. Говоря об одной из схваток между представителями идущей вперед науки и реакционной философии, происходившей в 1901 году на съезде Британской ассоциации, Ленин подробно разбирает речь физика Артура Риккера, который „от имени, несомненно, массы естествоиспытателей отстаивал стихийно материалистическую точку зрения“. Ленин находит его точку зрения в общем правильной со следующей поправкой: „Недостает этому физику только знания диалектического материализма (если не считать, конечно, тех очень важных житейских соображений, которые заставляют английских профессоров называть себя „агностиками)“. Но как можно доказать, что развивающаяся на наших глазах наука лучше, чем когда-либо раньше, подтверждает правильность диалектического материализма, и что те, кто доказывают обратное, не видят или не хотят видеть совершающегося перед их глазами? В наше время часто приходится слышать, что марксист должен брать от каждой естественно-научной теории ее верхушки, ее философию, а до содержания марксисту дела нет— это, мол, мелочи, пустяки: пусть этим занимаются специалисты. Не

так поступил Ленин: он по-просту внимательно изучил те вопросы, о которых спорили физики разных течений и философы различных толков, и, пользуясь фактами самой науки, разбил вдребезги своих противников! Это был поистине гигантский труд: те семьдесят страниц V главы „Материализма и эмпириокритицизма“, где идет речь о „новейшей революции в естествознании“ и о том, как она искажается модными философами и философствующими естественниками, скрывают за собой изумительную работу. Чтобы высказать те замечательные мысли, которыми пересыпано изложение сложнейших задач современной физики, о которых выдающиеся ученые высказывали в то время самые нелепые соображения—о философах и говорить нечего—надо было вникнуть в мельчайшие детали самого производства науки, надо было понять физику, понять естествознание так, как понимают его специалисты, десятки лет над ним ломающие себе голову.

Но, что еще более удивительно, Ленин, повидимому, не располагал всеми источниками, и притом такими, где важные для него мысли более отчетливо сформулированы—ему поэтому приходилось черпать доказательства, сокрушающие идеалистические выдумки буржуазных философов с еще большим трудом. Тем труднее была задача и тем больше наше удивление должно вызывать ее блестящее решение.

В настоящей статье мы остановимся на нескольких важнейших задачах, волновавших в то время ученый мир, да и продолжающих волновать его и по сей день, и посмотрим, как к этим задачам подходил Ленин. Какие взгляды были у него на эти насущные задачи современной науки?

На первом плане стоит возникновение и развитие электрической теории материи. Ряд экспериментальных исследований Шустера, Кауфманна, Ленара, Томсона и его учеников привели нас к выводу, что каждый атом любого вида материи содержит некоторое количество отрицательно заряженных частиц, или электронов. В последние годы мы убедились, что и положительное электричество, входящее в состав ядра атома, имеет также частичное строение. Выяснилось, что ядро атома состоит из частиц, заряженных положительным электричеством, и электронов: положительно заряженных частиц там больше, чем электронов, наружные же части атома состоят из одних электронов, вращающихся на-подобие планет вокруг центрального ядра; общее же число электронов равно числу положительных зарядов, так что атом в целом электрически нейтрален. Таким образом ока-

залось, что нет материи без электричества и, наоборот, электричества нет без материи. Это неожиданно открывшееся единство было истолковано философами следующим образом: вместо материи осталось одно только электричество—значит, никакой материи больше не существует!

Но этого мало: в восьмидесятых годах XIX столетия Томсон, развивая электро-магнитную теорию Максвелла, показал, что всякое электрически заряженное тело должно обладать благодаря своему заряду „добавочной“ или „электро-магнитной“ массой или „инерцией“. На эту замечательную работу никто не обратил внимания, но когда были открыты электроны, когда мы научились экспериментировать с этими маленькими быстро несущимися частицами, то все теоретические выводы Томсона [1]) подтвердились в классических опытах Кауфманна. Опыты Кауфманна не только показали, что электро-магнитная масса существует, но и что масса электрона исключительно электро-магнитного происхождения; к этому выводу в научных и научно-популярных статьях стали добавлять: у электрона нет „материальной массы“; „материя исчезла с нашего горизонта“. Здесь опять внезапно открывшееся гигантское обобщение, отождествившее материю с электричеством, поставило в безвыходное положение метафизически мыслящих философов и ученых. Опыты Кауфманна подтвердили еще и другой вывод Томсона: электро-магнитная масса возрастает со скоростью. По Ньютону, масса всякого тела — величина постоянная. Для метафизически мыслящих умов такое противоречие невыносимо; что-нибудь одно должно погибнуть, и, конечно, должна погибнуть механика Ньютона с ее материей, и тогда наступает царство новой науки без материи! Но все эти противоречия были разрешены Томсоном еще в восьмидесятых годах XIX века. В чем же суть дела? Механика Ньютона рассматривала только такие формы материального движения, в которых мы не могли заметить деятельного участия среды—эфира в этом движении. Механика электронов с их громадными скоростями должна учитывать действие среды: она представляет собой учение о новых формах движения. По мере увеличения скорости к электрону как бы налипает все больший и больший ком окружающего его эфира [2]). В ясной форме эти

[1]) Существует теперь значительное число выражений для электро-магнитной массы, но сказать, какое из них лучше отражает факты, еще нельзя. Вопрос, в конечном счете сводится к тому, как мы себе представляем распределение электрического заряда в пределах самого электрона.

[2]) Об этом подробнее смотри А. Тимирязев „Под Знаменем Марксизма“ № 4, 1922 год: „Опровергает ли электрическая теория материи мате-

взгляды мы находим только у Томсона, у других авторов мы встречаем на каждом шагу запутанную терминологию, сводящуюся к тому, что механика упразднена, а материя перестала быть материальной, и вот в этом хаосе [1]), в котором далеко не всякий, даже хорошо образованный физик, мог разобраться, Ленин сразу нашел правильное решение и в нескольких словах выяснил, в чем коренится вся эта философская путаница, и чего не понимают порой даже сами авторы этих новейших исследований. Вот эти поистине замечательные слова: „Когда физики говорят: „материя исчезает", они хотят этим сказать, что до сих пор естествознание приводило все свои исследования физического мира к трем последним понятиям—материя, электричество, эфир; теперь же остаются только два последние, ибо материю удается свести к электричеству, атом удается объяснить, как подобие бесконечно малой солнечной системы, внутри которой вокруг положительного электрона двигаются с определенной (и необъяснимо громадной, как мы видели) быстротой отрицательные электроны. Вместо десятков элементов удается, следовательно, свести физический мир к двум или трем (поскольку положительный и отрицательный электроны составляют „две материи существенно различные"—как говорит физик Пелла). Естествознание ведет, следовательно, к „единству материи"—вот действительное содержание той фразы об исчезновении материи, о замене материи электричеством и т. д., которая сбивает с толку многих". Здесь помимо верного и точного изображения того, что действительно произошло за последние годы в нашей науке, видно удивительно осторожное отношение к тому, в чем ученый может быть очень силен, если даже его слова на первый взгляд и могут показаться для непосвященного в детали научной работы не вполне приемлемыми и, во всяком случае, не вполне желательными. Ленин говорит: наука привела к единству материи, но внимательно прислушивается к словам Пелла, что положительное и отрицательное электричество—„две материи, существенно различные", и мы действительно теперь хорошо знаем, что электрон в 1.840 раз легче самой легкой положительно заряженной частицы—ядра атома водорода или „протона", как его теперь

риализм", „Наступление на материализм тов. Гольцмана" (июль 1923) и „Эйнштейн, материализм и тов. Гольцман" (№ 1, январь 1924 г.). Настоящий сборник—V, XI и XII.

[1]) Книжка Томсона „Электричество и материя" (немецкий перевод „Elektricität und Materie" вышел в 1904 году) до сих пор не переведена на русский язык! И ее появление почти нигде не встретило отклика.

называют, и которое, повидимому, входит в состав ядер всех атомов вообще. В последнее время выяснилось, что размеры „протона“ во много раз меньше размеров „электрона“ в противоположность их массам. В то время, когда писал свою книжку Ленин, все это было далеко еще не так выяснено, да и Пелла не располагал еще столь сильными аргументами, и, тем не менее, Ленин обратил на это внимание, потому что он ясно понимал, что физики действительно говорят не зря. Он за дело разносит ученых, когда они по указке философов-идеалистов строят нелепые философские выводы из своих собственных работ, но внимательно относится к каждому мелкому замечанию, основанному на знании фактов. Пишущему эти строки не раз приходилось слышать упреки даже от марксистов, что физики пошли по неправильному пути, допуская существование „протонов“ на-ряду с электронами, потому что это удаляет нас от единства материи! Ленин отлично понимал, что в этом отношении физики кругом правы; раз положительно заряженные частицы не похожи на электроны, то, по какой дороге ни пойди, этого не обойдешь!

Чтобы еще резче подчеркнуть свою точку зрения, Ленин в своей книжке приводит следующие слова Уильяма Рамзи: „Знаменитый химик Уильям Рамзи говорит: „Меня спрашивали: разве электричество не есть вибрация? Как же можно объяснить беспроволочный телеграф передвижением маленьких частиц или телец (корпускул)? Ответ на это состоит в следующем: электричество есть вещь; оно есть (курсив Рамзи) эти маленькие тельца, но когда эти тельца отлетают от какого-нибудь объекта, то по эфиру распространяется волна, подобная волне световой, и эта волна утилизируется для беспроволочного телеграфа“ (William Ramsay. Essays biographical and chemica Lond. 1908, p.126). Рассказав о превращении радия в гелий, Рамзи замечает: „По крайней мере, один так называемый элемент не может уже теперь быть рассматриваем как последняя материя; сам он превращается в более простую форму материи“ (p. 160). „Почти несомненно, что отрицательное электричество есть особая форма материи, а положительное электричество есть материя, лишенная отрицательного электричества, т.-е. есть материя минус эта электрическая материя“ (176). Что такое электричество? Прежде думали, что есть два рода электричества—положительное и отрицательное. В те времена нельзя было ответить на поставленный вопрос. Но новейшие исследования делают вероятным, что то, что привыкли называть отрицательным электричеством, есть на

самом деле субстанция. В самом деле относительный вес его частиц измерен; эта частица равняется приблизительно одной тысяча семисотой доле массы атома водорода... Атомы электричества называются электронами“ (196). К этой выписке Ленин добавляет: „Если бы наши махисты, пишущие книги и статьи на философские темы, умели думать, то они поняли бы, что выражения: „материя исчезает“, „материя сводится к электричеству“ и т. п., есть лишь гносеологически-беспомощное выражение той истины, что удается открыть новые формы материи, новые формы материального движения, свести старые формы к этим новым и т. д.“ (курсив наш. *А. Т.*). Здесь опять мы видим, насколько глубоко в область физики должен был проникать Ленин, чтобы строить свои философские выводы. Это, пожалуй, еще более наглядно выступает в следующем отрывке из V главы „Материализма и эмпириокритицизма“. „Материя исчезает—это значит исчезает тот предел, до которого мы знали материю до сих пор, наше знание идет глубже; исчезают такие свойства материи, которые казались раньше абсолютными, неизменными, первоначальными (непроницаемость, инерция, масса и т. п.), и которые теперь обнаруживаются, как относительные, присущие только некоторым состояниям материи. Ибо единственное „свойство“ материи, с признанием которого связан философский материализм, есть свойство быть объективной реальностью, существовать вне нашего сознания“. Эти брошенные вскользь замечательные мысли, опиравшиеся на имевшиеся тогда разрозненные сведения в специальной литературе, впоследствии подтвердились и подтверждаются с особенной ясностью теперь на наших глазах. Вот маленькая выписка из речи Рутерфорда, прочтенной через год после того, как была написана книга Ленина: „Если принять во внимание значительную энергию движения α-частицы и незначительное количество энергии, поглощаемое при ионизации отдельной молекулы, то представляется несомненным, что α-частица, как показал Брагг, фактически проходит сквозь атом или, вернее, сквозь сферу действия атома, лежащего на ее пути. Атом не успевает, так сказать, посторониться с пути быстро движущейся α-частицы, и последней приходится пройти сквозь атомную систему. Согласно этому взгляду, старое положение, что два тела не могут занимать одновременно одного и того же места, в большинстве случаев несомненно верное, теряет силу по отношению к атомам материи, если они движутся с достаточно боль-

шой скоростью“ (курсив наш. *А. Т.*) [1]). Но больше того — с условностью обычного определения непроницаемости, сохранившегося со времен средних веков и перешедшего в наши современные учебники, написанные по всем правилам новейших методических систем, приходится сталкиваться в теории электронов. В самом деле, когда мы вычисляем электро-магнитную массу электрона, иначе, по Томсону, „связанную с силовыми линиями электрона массу эфира“, то нам приходится принимать в расчет всю „связанную“ массу во всем беспредельном пространстве. Правда, большая часть этой массы находится в ближайшем соседстве с электроном, однако суммировать или „интегрировать“ приходится по всему пространству, и это безразлично, считаем ли мы, что эфир существует или существует только „пустота с электро-магнитными свойствами, как любят говорить сторонники „чистого описания“ и враги „материалистической метафизики“. Таким образом носитель массы отдельного электрона строго говоря — весь мир! Ясно, что при таких условиях старое понятие о непроницаемости в достаточной мере относительно. Далее по Дж.-Дж. Томсону мы воспринимаем массу эфира как весомую, только пока она „связана“ с силовыми линиями электрических зарядов. Остальная масса для нас невесома — ни мы на нее, ни она на нас не оказывает воздействия. И эта необыкновенно смелая мысль не ускользнула от Ленина: „Как ни диковинно, — пишет он на стр. 265, — с точки зрения „здравого смысла“ превращение невесомого эфира в весомую материю и обратно, как ни „странно“ отсутствие у электрона всякой иной массы, кроме электро-магнитной, как ни необычно ограничение механических законов движения одной только областью явлений природы и подчинение их более глубоким законам электро-магнитных явлений и т. д.,—все это только лишнее подтверждение диалектического материализма“

Весьма интересно, что в новейших работах О. Винера, возвращающегося в запрещенную [2]) принципом относительности область науки—именно в область, изучающую возможные модели эфира [3]), имеются крайне интересные указания на то, что теоре-

---

[1]) „Философия науки, естественно-научные основы материализма“, часть I, выпуск 2, стр. 221. М. 1924. Госиздат.

[2]) В последние годы власть этого нового учения над умами людей науки значительно ослабевает параллельно с усилением интереса, проявляемого к этой теории в кругах неспециалистов.

[3]) O. Wiener. „Das Grundgesetz der Natur und die Erhaltung der absoluten Geschwindigkeit im Aether, Leipzig 1921, p. 42.

тически в сплошной жидкой среде можно подобрать такие формы движения, при которых отдельные части движущейся жидкости будут действовать друг на друга через посредство промежуточных частей жидкости, с отталкивательными или притягательными силами или, наконец, не будут влиять совсем друг на друга. Эти находящиеся в различных состояниях движения части жидкости Винер называет „барическими", „антибарическими" и „абарическими" массами, т.-е. массами весомыми, противовесомыми, т.-е. отталкивающимися, и невесомыми. Таким образом, идя по пути обобщения механики, отыскивая новые формы движения, мы можем подойти к вопросу о превращении „весомой" материи в „невесомую" и обратно, т.-е. к объяснению того, что, по словам Ленина, хотя и „диковинно с точки зрения „здравого смысла", но в то же время является только подтверждением диалектического материализма".

В заключение отметим еще мысли Ленина по поводу энергии и невозможности построения всей физики на одном только понятии об энергии. Это особенно важно потому, что даже среди марксистов, правда, далеко стоящих от производства самой науки, существует путаница во взглядах на энергию. Многие просто даже обижаются, когда им скажешь, что для физика энергия есть способность производить работу. А работа и способность к работе, или энергия, измеряется произведением пройденного пути на величину силы, действовавшей на этом пути в направлении перемещения. Как бы и кто бы ни обижался, но в современной науке других определений работы и энергии не выдумано. Говорят, что введение понятия энергии может нас застраховать от опасности мыслить материю без движения и движение без материи, но практика показывает как раз обратное: все пытавшиеся проводить энергетические взгляды скатывались в сторону отрицания носителя энергии, т.-е. материи, и, в лучшем случае, признавали существующим одно только движение [1]).

Большинство философов, не знакомых как следует с физикой, убеждено, что введением понятия энергии достигается какая-то особенная глубина наших познаний в области физики. Мы, физики, смотрим как раз наоборот: мы пользуемся уравнением закона сохранения энергии для первой ориентировки при изучении новых классов явлений. Ленин с поразительной проницательностью отметил эту сторону самого процесса работы физика;

---

[1]) См. „Под Знаменем Марксизма"— А. Тимирязев, Наступление на материализм тов. Гольцмана; июнь 1923. Настоящий сборник—XI.

он прежде всего приводит слова Генриха Герца: „Интересно отметить взгляд Герца на энергетику“. „Если мы,—писал он,—спросим, почему собственно современная физика любит в своих рассуждениях употреблять энергетический способ выражения, то ответ будет такой: потому, что таким образом всего удобнее избегнуть того, чтобы говорить о вещах, о которых мы очень мало знаем... Конечно, мы все убеждены, что весомая материя состоит из атомов; об их величине и движениях их в известных случаях мы имеем довольно определенные представления. Но форма атомов, их сцепление, их движение в большинстве случаев совершенно скрыты от нас... Поэтому наши представления об атомах представляют из себя важную и интересную цель дальнейших исследований, отнюдь не будучи особенно пригодны служить прочной основой математических теорий“. „Герц ждал,—продолжает Ленин,—от дальнейшего изучения эфира выяснения „сущности старой материи, ее инерции и силы тяготения“. Отсюда видно, что Герцу даже не приходит в голову возможность нематериалистического взгляда на энергию. Для философов энергетика послужила поводом к бегству от материализма к идеализму. Естествоиспытатель смотрит на энергетику как на удобный способ излагать законы материального движения в такое время, когда физики, если можно так выразиться, от атома отошли, а до электрона не дошли“ (курсив наш. *А. Т.*). О том, к чему приводит увлечение энергетикой, Ленин высказывает следующие соображения: „Энергетика Оствальда—хороший пример того, как быстро становится модной „новая“ терминология и как быстро оказывается, что несколько измененный способ выражения ничуть не устраняет основных философских вопросов и основных философских направлений. В терминах „энергетики“ так же можно выразить материализм и идеализм (более или менее последовательно, конечно) (курсив наш. *А. Т.*), как и в терминах „опыта“ и т. п. Энергетическая физика есть источник новых идеалистических попыток мыслить движение без материи по случаю разложения считавшихся дотоле неразложимыми частиц материи и открытия дотоле невиданных форм материального движения“. Особенно ясно виден взгляд Ленина на энергетику [1]) в одном примечании к изложению взглядов знаменитого физика Людвига Больцмана. Дело идет о рецензии Больцмана на учебник физической химии Вобеля; желая подчеркнуть правиль-

---

[1]) Материализм и эмпириокритицизм, стр. 294.

ность взгляда, проводимого в рецензируемой книге, Больцман пишет: „Автор строго держится за дуализм материи и энергии". К этим словам Ленин в примечании добавляет: „Больцман хочет сказать: автор не пытается мыслить движение без материи (курсив наш. *А. Т.*). Говорить тут о „дуализме" смешно. Философский монизм и дуализм состоят в последовательном или непоследовательном проведении материализма или идеализма". Таким образом в этом важном вопросе, который тщательно запутан философами и беспомощным барахтаньем в философских вопросах большинства естественников, Ленин сразу намечает правильную линию, совпадающую с той, по которой идут исследователи в процессе своей работы.

Из этих немногих примеров мы видим, что в вопросах естествознания Ленин, совершенно не считаясь с теми, кто только говорят о науке, какими бы авторитетами они ни пользовались, направлялся сразу к самому производству науки, внимательно прислушивался к голосам великих ее созидателей и черпал у них то, в чем они действительно сильны, отметая при этом значительную накипь философских выводов, порой белыми нитками пришитых к ценным научным работам...

Пишущему эти строки невольно приходит на память один случай из его университетской жизни, имевший место два года тому назад. После лекций по теоретической физике мне постоянно приходится отвечать на вопросы студентов, при чем часто эти вопросы носят философский характер. И вот два года тому назад, когда я очень торопился, я в спеху предложил спрашивавшим меня студентам прочесть V главу „Материализма и эмпириокритицизма". „Там, — сказал я, — вы найдете ответ на вопрос, который вы мне сейчас задали". Через несколько дней я встретил одного из тех студентов [1]) на улице, и первая фраза, которую я от него услышал, была следующая: „Я прочел... что за удивительная голова у Ленина, ведь он, не будучи физиком, понимает физику так, как ее понимаем мы с вами!".

Не скрывается ли в этих словах, невольно вырвавшихся у студента, глубокий смысл—смысл ленинизма?

Не забудем, что Ленина заставила изучать естествознание отчаянная революционная борьба, борьба с течениями, разлагавшими нашу партию; следовательно, и здесь в этой области Ленин такой же революционер, как и везде и всегда. Что же необходимо для успешной борьбы в этой области, как и во вся-

---

[1]) Студент был беспартийный.

кой другой? Надо было изучить то, что есть, надо было уметь отличать действительные успехи науки, идущие всегда на пользу революции, от трескотни и шумихи, к которой прислушивалось все так называемое „образованное общество“. Разве это не пример, хотя и в области, далекой от непосредственной борьбы, того удивительного уменья по немногим фактам учитывать реальную обстановку, — уменья отличать среди бьющих в глаза, но в конце концов несущественных, фактов едва заметные проблески тех могучих сил, которые являются решающими в великой революционной борьбе?

XIV.

Какие задачи должны ставить себе физико-математические факультеты наших университетов.

Революционное студенчество, шаг за шагом завоевывающее наши старые высшие школы, с первых же шагов в своей учебной работе становится лицом к лицу с мучительной загадкой: что же, в конце концов, даст ему высшая школа? Сможет ли она при теперешней постановке преподавания сделать из жадно набрасывающихся на „гранит науки“ тех работников, тех своих, советских специалистов, которых нам так недостает для нашей развертывающейся промышленности, для нашего расправляющегося народного хозяйства? Ответы на эти мучительные для каждого студента вопросы по существу не так уже трудны, когда речь идет о медицинских факультетах и о большой части наших втузов. Правда, и здесь перед нами стоит еще громадная работа: многое в постановке преподавания устарело, многого, насущно необходимого, еще нет и, главное, почти нет связи между школой и теми запросами, которые настойчиво выдвигает жизнь.

Но какие бы новые требования мы ни предъявляли к подготовке советского врача, агронома, техника или инженера, всякому ясно, кого готовят или, по крайней мере, должны готовить эти втузы и чего мы от этих втузов хотим.

Иначе обстоит дело с физико-математическими факультетами наших университетов. За последние годы довольно часто приходится слышать голоса, что эти факультеты совсем не нужны, что они представляют собой чуть ли не пережиток средневековья, что их давно пора закрыть, передав их дорого стоящее оборудование педагогическим факультетам. Правда, при этом даже

самые решительные противники физматов, как бы спохватываясь, соглашаются оставить научно-исследовательские лаборатории, в которых на-ряду с научной работой должна итти работа по подготовке будущих профессоров и преподавателей для высших школ всех типов, а также и для рабочих факультетов. В подобного рода планах упускается из виду маленькая подробность: где же будут подготовляться начинающие сотрудники исследовательских институтов? Ведь нельзя же из школы второй ступени или рабфака сразу приступать к научной работе? Но оставим эту сторону дела и посмотрим, на чем основаны только-что упомянутые нападки. В защиту взгляда на физматы, как на отживающий тип школы, обыкновенно приводят их историю. Кого давали физматы? Горсточку ученых, профессоров, значительное число педагогов (обыкновенно прибавляют—плохих, так как специальных педагогических дисциплин в университетах не преподавалось) и в подавляющей массе податных инспекторов, акцизных и иных чиновников. Не надо особенной изобретательности, чтобы доказать явную нелепость изучения теории функций комплексного переменного будущим податным инспектором. На что в самом деле она им нужна? Те же из профессоров, которые хотят защитить физматы от подобных нападок, выдвигают безнадежные соображения насчет „общего образования" независимо от предстоящей студенту по окончании курса работы и в заключение указывают на необходимость располагать большим человеческим материалом, из которого можно отобрать будущих деятелей науки. Последний аргумент приводит пролетарское студенчество иногда прямо-таки в ярость: пишущему эти строки пришлось в одном из таких споров услышать следующие полные горечи слова: „Разве можно держать курс на немногих способных людей, а мы-то что? Вся остальная масса? Что же, мы только навоз, удобрение для садовых цветов?"

Коренная ошибка как во всех этих нападках, так и в неумелой защите заключается в том, что спорящие упускают из виду громадную роль, которую физматы играют в странах с развитой промышленностью, с развитой техникой. Самая постановка вопроса—нужны ли нам физматы—свидетельствует только о том, что наша довоенная промышленность в техническом отношении плелась в хвосте, беря готовые образцы из Западной Европы и Америки, а теперь, после революции, мы находимся еще в полосе починки, мы пока-что восстанавливаем разрушенное за годы империалистической и гражданской войны. Чтобы нагляднее выяснить связь между так называемой „чистой" наукой и техни-

кой, а также чтобы выяснить себе и роль физматов в развитии народного хозяйства, нам поневоле придется поворачиваться на запад—в Европу и Америку.

Посмотрим на немногих примерах, как устанавливается связь между „чистой“ наукой и промышленностью в самой „американизированной“ стране, какой, несомненно, в первую очередь является сама Америка.

Американское отделение „Всеобщей компании“—самое крупное из капиталистических предприятий по электротехнике—располагает в настоящее время одним из лучших в мире физико-химическим институтом. В этой громадной многоэтажной лаборатории, изображение которой печатается теперь в объявлениях и рекламах „Всеобщей компании“ на страницах научных журналов, под руководством Ирвинга Лангмьюра—одного из самых выдающихся сейчас физиков—ведется не только текущая работа, выдвигаемая непосредственными требованиями производства, но и весьма сложные теоретические исследования, на первый взгляд ничего общего не имеющие с производством. Из этой лаборатории за последние годы вышли капитальные работы по исследованию пространственного расположения электронов в молекулах химических соединений. В этой же лаборатории изучались законы отражения газовых молекул от твердых стенок, а также сложные физико-химические процессы в разреженных газах. Почему же, спрашивается, капиталисты, заправляющие „Всеобщей компанией“, не только не препятствуют, но даже и всячески поощряют теоретические работы, не имеющие непосредственной практической пользы? Потому, что это с коммерческой точки зрения очень выгодно. Лангмьюр и его многочисленные сотрудники, работая над своими теоретическими исследованиями, попутно научились строить „полуваттные“ лампы, которыми мы теперь не без успеха подражаем на наших ламповых заводах и до которых Лангмьюр никогда бы не додумался, если бы он не вел в этой же лаборатории своих теоретических работ и если бы он сам не был превосходным теоретиком. Тот же Лангмьюр недавно показал в результате 10 лет упорной работы), что если покрыть накаленный волосок в катодной лампочке, употребляемой в радиотелеграфии и радиотелефонии, тончайшим слоем металла тория—слоем, по измерениям Лангмьюра, толщиной в один атом,—то при той же температуре накала можно в сотни раз повысить испускание электронов этой накаленной проволокой и получить без существенных затрат лампы громадной мощности. Во всяком случае наши злейшие

враги, американские и немецкие капиталисты, в понимании связи между наукой и техникой, значительно опередили либерального министра Англии Гладстона, который, лично присутствуя при опытах самого великого Фарадея над электромагнитной индукцией токов, не вытерпев, спросил:

— А какую пользу можно извлечь из всего этого?

На это Фарадей, не задумавшись, ответил:

— Не лишено возможности, что вы в ближайшем будущем из всего этого будете извлекать налоги.

Известно, что применение законов, открытых Фарадеем, привело к построению динамо-машин; на этих законах и по сей день основывается все электротехническое машиностроение. Теперь спрашивается, нужны для современной промышленности теоретические работы Фарадея или нашего современника Лангмьюра? Связаны они с промышленностью или оторваны от нее?

Нам могут возразить,—а ведь есть же изобретатели, которые обходятся без теории, — берите пример с Эдиссона. Недавно в крайне интересных статьях об американской и немецкой системах преподавания тов. Степанов высказал предположение, что Эдиссон может быть провалился бы на экзамене по физике в нашей школе второй ступени. Возражавший тов. Степанову тов. Шардин чуть ли не поставил это даже в заслугу Эдиссону. Я все-таки думаю, что Эдиссон знает физику побольше, чем знает наш школьник второй ступени, хотя я и не беру на себя ручательства за хороший ответ на экзамене, особенно если Эдиссона будут спрашивать по комплексно-производственному методу. Но одно не подлежит сомнению—неглубокие теоретические познания Эдиссона не дали ему возможности применить на практике сделанного им самим открытия. Речь идет о так называемом эффекте Эдиссона, состоящем в том, что в лампочке накаливания сильный положительный заряд может удерживаться на накаленном волоске, отрицательный же быстро стекает. Это явление использовано в электронных лампочках, революционизировавших все радиотелеграфное и радиотелефонное дело. Для этого, однако, потребовалась упорная и многолетняя работа Кауфманна, Ленара, Томсона, Ричардсона и их многочисленных учеников и сотрудников, которые открыли существование электронов, показали, что эффект Эдиссона объясняется „испарением“ электронов накаленными телами, и только тогда можно было найти способы применить все это в радиотехнике. Из этих примеров ясно, что в странах с развитой промышленностью нужны работники двух типов: типа

Эдиссона—Маркони—готовить рядовых работников этого типа должны втузы, но не менее важен и второй тип — тип Фарадея, Томсона и Лангмьюра,—работников этого типа от самого крупного до скромного лаборанта фабрично-заводской лаборатории могут дать только физико-математические факультеты.

Кругом прав тов. Степанов, когда он говорит, что хотя каждый ученый думает, что он совершенно свободен в выборе темы для своей работы в области так называемой чистой науки, но по существу он делает то, что нужно для промышленности. Усовершенствование насосов для откачивания воздуха из лампочек накаливания дало возможность исследовать электрический разряд в разреженных газах, что привело к открытию рентгеновских лучей и к открытию электронов. Таким образом развитие производительных сил, развитие техники незаметно подсовывает темы для работников „чистой" науки, хотя они этого и не замечают.

Какой же будет первый наш вывод?

Мы должны уделить должное внимание физико-математическим факультетам, если мы хотим, чтобы наша промышленность развивалась, если мы хотим, чтобы она перешагнула „довоенные нормы". При плановом хозяйстве нельзя думать только о сегодняшнем дне. В наказе рабочим депутатам Московского Совета говорится о необходимости наладить такие виды промышленности, которых у нас еще не было, чтобы сократить расходы на заграничные покупки. Теперь спрашивается, как мы будем налаживать новые производства без упорной и сложной работы в лабораториях? Рассчитывать, что нам из-за границы пришлют все указания и рецепты, как и что делать для того, чтобы мы, благодаря этой любезности, перестали покупать заграничные товары, — в достаточной мере смешно. Нам надо самим все сделать и в первую очередь нам надо для этого использовать лаборатории наших физматов, так как построить сразу большую сеть фабрично-заводских лабораторий нам не по карману.

Мы подошли сейчас вплотную к основной теме, к тому, как мы должны перестроить физматы. Прежде всего мы должны пойти дальше по тому пути, на который мы вступили год тому назад, приняв для физматов новые учебные планы „с практическими уклонами". Фактически эти уклоны проводятся крайне медленно — почти так же медленно, как проводился наш новый устав, теперь, наконец, принятый во всех вузах и втузах.

Практический уклон заключается в том, что каждый студент, наряду с усвоением теоретических знаний, изучает какую-либо область, в которой та или другая часть теории применяется практически. Так, в области физики студент изучает постановку производства, а также исследовательской работы в области изготовления ламп накаливания, электронных ламп для радиотелеграфа и радиотелефона, трубок Рентгена, применяемых сейчас не только в медицине, но и в машиностроении для исследования раковин и изъянов в литых частях машин. Или он может изучить подробнее разнообразные применения к телеграфии и сигнализации учения об электромагнитных волнах [1]), применение звуковых колебаний к определению места источника звука и т. д. Эти области „прикладной физики" не совпадают с тем, чем занимаются втузы. Втузы в первую голову готовят производственника, перечисленные же области, к которым можно было бы прибавить еще много других [2]), требуют такой солидной теоретической подготовки, какой втузы дать не могут. Поэтому и на физмате мы не должны увлекаться попыткой провести каждого студента через особенно большое число специальных практических курсов. Здесь мы должны руководствоваться правилом Владимира Ильича: „Лучше меньше, да лучше", и ни под каким видом не понижать уровня теоретической подготовки. Если „американизирование" будет состоять в понижении теоретических знаний, то я вполне согласен с тов. Степановым—это будет непоправимой ошибкой. „Американизирование" должно состоять в неуклонном проведении учебных планов с практическими уклонами, в неуклонном осуществлении тесной связи между практическими задачами этих уклонов и теоретическими курсами, но так, чтобы от этого изложение не переставало быть строго-научным, и, наконец, в переносе центра тяжести преподавания на самостоятельную семинарскую работу. Нам могут возразить, что специалисты указанного типа нужны единицами, да и вообще в ближайшее время особенной потребности в них не предвидится; однако, хотя новые планы только-

---

[1]) Применение электромагнитных волн к определению глубины залегания руды.

[2]) По другим специальностям, как, напр., по химии, задачи очень сходны с указанными; число лаборантов с университетским образованием на фабриках и заводах и сейчас велико. Отделение агрономической химии должно готовить лаборантов для всевозможных сельско-хозяйственных опытных станций. Биологическое отделение лаборантов для селекционных станций и т. п. Даже специальность „чистой математики" может давать вычислителей для целого ряда лабораторий, а также статистиков.

только начинают вводиться в жизнь, а уже по специальности физики получен заказ на подготовку работников для нашей ламповой промышленности. Несомненно, если наши физматы сделают хотя несколько шагов навстречу нашей промышленности, то дело не ограничится этими работниками. Необходимо, в свою очередь, и нашим производственникам познакомиться с университетскими лабораториями; они убедятся тогда, что жизнь в этих лабораториях не замерла, как это многие думают, и что они смогут извлечь из этих лабораторий громадную пользу.

Подведем итоги:

1. Прежде всего, разумно поставленные физматы необходимы для обслуживания промышленности.

2. На ряду с деятелями науки, профессорами и преподавателями высокой квалификации, они должны давать, если можно так выразиться, „высший командный состав“ для нашей промышленности, начиная от заведующего фабрично-заводской лабораторией и кончая скромным лаборантом. Статистика современной германской промышленности показывает, как сильно вырос за последние годы спрос на работников этого типа.

3. Мы должны неуклонно осуществлять и развивать принятые с прошлого года практические уклоны по всем специальностям физико-математического факультета.

4. Необходима широкая информация как преподавательского состава, так и студенчества о текущих задачах нашей промышленности, которые могли бы быть поставлены и решены в наших университетских лабораториях и институтах. Об этом надо также широко оповестить наших товарищей, работающих на фабриках и заводах. В роли посредников могли бы с успехом выступить члены недавно возникшего „Общества друзей физмата“. Только такая тесная и непосредственная связь нашей высшей школы с промышленностью приведет фактически к сближению теории с практикой и позволит разумным образом провести летнюю практику студентов на фабриках и заводах.

5. Вся изложенная в первых четырех тезисах „американизация“ не должна ни в каком случае понижать научного уровня теоретического обучения. Наоборот, от разумного вливания живой практической жизни выиграют и те из студентов, которые после окончания университетского курса пойдут в исследовательские институты.

На пишущего эти строки, по всей вероятности, обрушатся как сторонники „немецкой“, так и сторонники „американской“

системы, но не будем предварять событий. Одно несомненно: рьяные сторонники чистой науки, которая, по их мнению, должна быть совершенно независима и свободна от житейских потребностей, возмутятся предложением использовать наши лаборатории для нужд промышленности.

— А где же, — скажут нам, — тогда будут вестись работы теоретического характера? Вы нас хотите превратить в ремесленников?

Я думаю все-таки, что от этой тесной связи науки с техникой выиграет и та и другая сторона. Ведь уживается же чистая наука с техникой в руководимой Лангмьюром лаборатории „Всеобщей компании"? К этой мысли приходят рано или поздно все выдающиеся люди науки. В подтверждение нашей точки зрения приведем слова знаменитого теоретика, берлинского профессора Макса Планка, настолько погруженного в свои вычисления, что злые языки передают, будто он не умеет зажечь обыкновенной газовой горелки, не обжегши при этом себе пальцев. Вот что писал этот теоретик несколько лет тому назад:

„Подобно тому как начатки физики и любой другой отрасли естествознания имеют свои корни в практической области, так и современная научная физика продолжает черпать не только сильнейшие свои стимулы, но и самую действительную поддержку в потребностях практической жизни. Поэтому также представляет величайший интерес для науки сохранять и дальше развивать самые тесные связи с техникой".

Много приходилось слышать нападок на новые учебные планы физматов с их „практическими уклонами", но я до сих пор еще ни разу не слыхал обвинения проф. Планка в потворстве „большевистским новшествам".

„Правда", 30 апреля 1924 г.

XV.

Теория относительности Эйнштейна и махизм.

Стенограмма доклада на заседании Комм. Акад.—7/II—1924 г.

Мой сегодняшний доклад, товарищи, если не ошибаюсь, является первым в целом цикле докладов, которые были намечены нашей Академией, или, выражаясь точнее, ее секцией научной методологии. По выработанному плану у нас предполагалось, по крайней мере на первых порах, не делать таких докладов, которые бы являлись результатом какой-нибудь длительной научной работы. У нас предполагалось поставить в первую очередь доклады, которые служили как бы стимулом для дальнейшей научной работы, служили как бы вызовами. Я думаю, что после моего сегодняшнего доклада у нас откроются прения, и, надо полагать, в значительной степени ожесточенные: на меня будут жестоко нападать, и если в результате этого обмена мнений кому-нибудь придет в голову заняться тем вопросом, который стоит у нас сегодня в порядке дня, более серьезно, если в результате наших прений кто-нибудь возьмется написать серьезную книгу на эту тему,—то я буду считать, что свою задачу я выполнил. Теперь, переходя к самой теме доклада, я должен сказать, что прежде всего, мне придется сделать две оговорки. Я не думаю вас утомлять длинными выписками из появляющихся теперь в большом количестве статей, где обсуждается вопрос об отношении принципа относительности к махизму—к учению Маха. В настоящее время не только в специальной философской литературе, но и в наших физических журналах эта тема затрагивается довольно часто, в этой области ведутся большие споры. Одни, например, считают, что Мах отрицательно относился к принципу относительности. и основываются на том, что в последние годы своей

жизни он сам высказал свое мнение по этому поводу: он сказал, что принцип относительности его не удовлетворяет. Другие авторы стараются показать, что Мах здесь ошибся, что, когда он говорил эти слова, ему было уже за 70 лет, словом, это был не тот Мах и если бы он был в это время помоложе, то он сказал бы совсем другое. На эту тему идут длинные разговоры и препирательства. Кроме того, я должен сказать, что всевозможные философские направления спорят между собой за честь взять к себе Эйнштейна, а Эйнштейн, повидимому, со всеми соглашается. Когда один философ заявляет, что его система лучше всего подходит к принципу относительности, то Эйнштейн отвечает, что он сам всегда так думал. Когда приходит другой философ и говорит ему на ту же тему,—он и с ним соглашается. Я думаю однако, что останавливаться на этих явлениях не стоит, потому что вообще основывать свои суждения на мнениях людей, когда они сами про себя говорят,—занятие в достаточной мере бесполезное. Гораздо лучше будет подойти поближе к самой работе Эйнштейна и посмотреть, что нужно было сделать для выполнения этой работы? Каких определенных философских взглядов нужно было придерживаться, чтобы построить теорию относительности? Или, может быть в данном случае можно было обойтись без всякой специальной философии? С этой именно точки зрения я и хотел бы подойти к поставленной теме, мне хотелось бы показать вам, что для выполнения своей работы Эйнштейну необходима была вполне определенная теория познания, которая очень близка к теории познания Маха. Я надеюсь доказать, что эта теория познания ему была необходима для того, чтобы сформулировать свой основной принцип,—всеобщий принцип относительности. Но вот здесь сейчас же мне придется сделать и вторую оговорку. Мне многие, я думаю, уже готовы возразить: как? вы хотите доказать, что именно Эйнштейну было необходимо в процессе его работы, не пользуясь при этом высшей математикой? Всякому известно, что теория относительности состоит из очень стройной, очень хорошо продуманной системы уравнений. Для того, чтобы изучить эту область, надо изучать специальные отделы математики, так называемое тензорное исчисление, и что если мы всей этой подготовительной работы сами не проделаем, то нам не удастся понять и смысла всего исследования, не удастся понять как следует принцип относительности. Я думаю, однако, что это возражение нетрудно отбить, нетрудно потому, что в классическом мемуаре Эйнштейна, который был напечатан в „Annalen der Physik“, Band 49, 1916, имеется § 2, в котором излагается основа теории по-

знания Эйнштейна и излагается путь, идя по которому он пришел к самому основному положению своей теории. Таким образом сам Эйнштейн нам показывает, как для того, чтобы притти к этой мысли, совершенно не нужно было никакой математики. Он просто ставит известную задачу, которую дальше нужно решить математически, и мы отдадим ему полную справедливость, что математически он ее решил блестяще, но это не избавляет нас от необходимости проанализировать тот путь, идя по которому он пришел к тем основным посылкам, из которых выросла вся его математически великолепная теория. В сущности, почти весь мой доклад будет состоять в том, что я вам изложу две страницы его мемуара, при чем некоторые места я приведу в подлиннике, а кое-что могу передать и „своими словами", потому что самая формулировка в этих частях ничего особенного не представляет. Таким образом я предполагаю начать с изложения теории познания Эйнштейна в той форме, какую он сам ей придал.

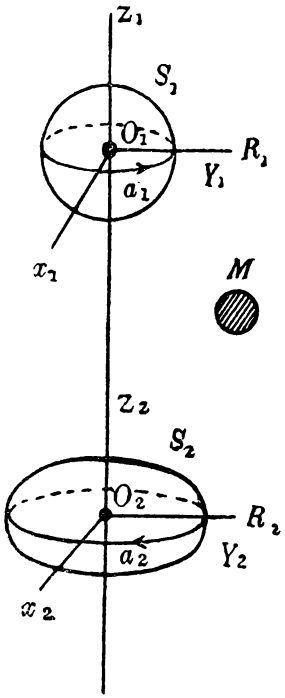


Рис. 1.

Эта теория познания умещается на нескольких строках, но о ней придется говорить нам целый вечер, придется возвращаться к этим строкам не раз. Начинается этот знаменитый 2 § следующей фразой: „Классическая механика и в неменьшей степени специальная теория относительности обладают недостатком, с точки зрения теории познания, на который Мах, повидимому, первый обратил внимание". Таким образом вы видите, что сам Э. указывает, что ему пришлось итти по пути Маха. В чем же состоит этот недостаток, которым обладает специальная теория относительности, им самим созданная, а также как и классическая механика Ньютона? Для этой цели Э. обсуждает следующий простой пример. Он не приводит чертежа, но я для своего доклада, ради наглядности, выполнил тот чертеж, который подразумевается у Э., и принес одну модель, которую мы будем потом демонстрировать. Э. говорит: представьте себе, что у нас имеются два мировых тела, две планеты S_1 и S_2 (см. рис. 1). Тут я изложу „своими словами", но это не важно, потом, если хотите, можно

прочесть и по подлиннику, но здесь ничего вообще исказить нельзя, настолько здесь все просто. Представьте себе, повторяю, что у нас имеются два мировых тела S_1 и S_2 (см. рис. 1), при чем мы отмечаем их общую ось O_1O_2 и говорим, что эти два тела имеют относительное вращение по отношению друг к другу вокруг этой оси, соединяющей их центры. У меня изображено стрелками a_1 и a_2 вращение одного тела и вращение другого тела. Представим себе, что два тела представляют собой две планеты, на которых имеются обитатели, и положим, что мы находимся на планете S_2. Мы смотрим на первую планету и видим, что она вращается по направлению стрелки a_1, Если я смотрю на S_1, находясь на планете S_2, и не замечаю собственного движения, то мне кажется, что S_1 вращается по направлению стрелки часов. Но ведь у нас вращение относительное. Если у нас вращение происходит очень плавно, как и в случае нашего земного шара, то когда мы смотрим на небо, нам кажется, что звезды перемещаются, а не мы сами с нашей землей. Коперник, как вы знаете, учил, что дело обстоит иначе и что, в сущности, не звезды двигаются, а мы двигаемся. Теория Эйнштейна скептически относится к Копернику и перевороту, который он произвел, считая, что принципиально нельзя сказать, что́ именно движется: существует только относительное вращение. Если я не знаю, двигаюсь ли я со своей планетой или другая планета движется, то что у нас получается? Рассмотрим наблюдателя на планете S_1, находящегося в таком же положении, как и наблюдатель на S_2. Он может думать, что он вращается по направлению a_1 или что его планета S_1 не вращается, а планета S_2 вращается в другую сторону, т.-е. по направлению стрелки a_2. Мы, таким образом, ставим условие, что никто из наблюдателей не знает, он ли двигается, или двигается его сосед, т.-е. близлежащая планета. Чтобы быть достаточно точным, я укажу еще, что нужно в данном случае сделать предположение, что обе эти планеты находятся так далеко друг от друга, что никаких притяжений друг на друга они не оказывают и приливов друг на друге не вызывают. Следовательно, этими действиями можно пренебречь. Далее Эйнштейн предполагает, что оба эти наблюдателя являются хорошими геодезистами, они производят точные измерения тех планет, на которых им приходится жить. К их удивлению,— получается такой результат: у одного наблюдателя получается шар S_1, а у другого сплюснутый сфероид S_2: он у меня нарочно зарисован в несколько преувеличенном виде. Получается, в конце концов, странный результат: оба наблюдателя видят одно и то

же относительное вращение, а измерение дает в одном случае шар, в другом—эллипсоид вращения. Теперь нам будут нужны подлинные слова Эйнштейна: „Мы задаем вопрос, на каком основании тела S_1 и S_2 ведут себя по-разному. Ответ на этот вопрос может быть тогда признан удовлетворительным с точки зрения теории познания, если обстоятельство, приведенное в качестве причины, есть факт, наблюдаемый на опыте". (Так как я переводил сам, то, чтобы не было никаких недоразумений, скажу, что в подлиннике стоит „beobachtbare Erfahrungstatsache"). „Во всяком случае, закон причинности имеет смысл утверждения, применимого к нашему опыту только тогда, когда в качестве причины и следствия в конечном счете выступают наблюдаемые факты". К этому месту есть весьма важное примечание: „Такой удовлетворительный с точки зрения теории познания ответ, естественно, может быть физически неприемлемым, если он противоречит другим опытам". Вот в этих немногих словах и заключается вся теория познания Э. К разбору этой теории я еще вернусь. Итак, Эйнштейн утверждает, что если мы спрашиваем о том, почему S_1 отличается от S_2, то в качестве причины мы должны привести „beobachtbare Erfahrungstatsache", то-есть факт, наблюдаемый на опыте. Дальше мы должны опять-таки прочесть самого Эйнштейна, и придется попутно, может быть, кое-что пояснить. „Механика Ньютона не дает на этот вопрос удовлетворительного ответа. Она говорит, именно, следущее: „Законы механики приложимы к пространству R_1, по отношению к которому S_1 покоится" (я здесь на чертеже 1 изобразил оси координат, и если эти оси координат связаны с самой планетой, то тело S_1 по отношению к этим координатам покоится). Законы механики приложимы к этим координатам „и не приложимы к пространству R_2, по отношению к которому S_2 покоится" (т.-е., если я беру координатную систему R_2, которая неразрывно связана со вторым телом, т.-е. с телом S_2, то для этого случая законы механики неприложимы, потому что в этом случае на-лицо центробежные силы, которые заставляют планету S_2 расплющиваться). Таких сил в системе R_1, S_1 не было. „Галилеевское пространство R_1, которое здесь вводится (а также относительное движение по отношению к нему), есть всего только воображаемая причина, а не что-нибудь наблюдаемое. Ясно, что механика Ньютона удовлетворяет только кажущимся, а не действительным образом требованию причинности, так как она делает ответственной за различное поведение тел S_1 и S_2 чисто фиктивную причину R_1". Теперь позвольте немного пояснить. Эйнштейн

утверждает следующее: по Ньютону, законы механики неприложимы к телу S_2 (заметим, что Ньютон, хорошо знавший эти случаи, никогда ничего подобного не говорил), которое сплющено, потому что сплющивают его особые центробежные силы, а для тела S_1 этих центробежных сил нет. Ньютон рассуждал иначе. Он утверждал, что существует такая система координат R_1 неподвижная в неподвижном пространстве и если по отношению к этому пространству или, что то же самое, по отношению к „неподвижной координатной системе“ нет вращения, как в случае S_1, то никакого сплющивания не будет—не будет центробежных сил. Во втором случае система координат R_2 связана с телом S_2, но в этой системе координат мы не получаем тех же самых условий, что и в первом случае, и Ньютон говорит, что эта система координат R_2 вращается по отношению к неподвижной системе R_1 или так называемой галилеевской системе координат. Эйнштейн упрекает Ньютона в том, что он в качестве причины выдвигает фикцию. Что такое неподвижная система координат? Что такое неподвижное пространство? Один товарищ, большой поклонник Эйнштейна, говорил мне: положим, мы из дощечек сделали координатную систему,—как вы ее гвоздями прибьете к абсолютному пространству, во что будет входить гвоздь? На чем эта координатная система будет держаться? Рассмотрим еще раз точку зрения Ньютона. Во-первых, Ньютон не любил говорить, что законы механики приложимы к одному случаю и неприменимы к другому. Он просто говорил, что если по отношению к абсолютному пространству нет вращения, то тогда не будет центробежных сил, а если они есть, то они показывают, что наше тело вращается по отношению к этому абсолютному неподвижному пространству. Самый факт появления центробежных сил указывает на существование определенного вращения по отношению к чему-то, что Ньютон обозначает: „абсолютным пространством“; другие авторы называли это нечто „эфиром“, но это не так важно—не в названии ведь дело. Когда мы вращаем шар на центробежной машине и он сплющивается, мы видим и вращение, и то, по отношению к чему шар вращается. В случае же планет S_1 и S_2 мы видим сплющивание и, зная, какое сплющивание соответствует какому вращению, определяем по величине сплющивания координатную Галилеевскую систему R_1. Так как мы непосредственно не видим, не ощущаем пространства R_1, то Эйнштейн, руководствуясь своей теорией познания, говорит: „Ньютон приводит фиктивные причины“. Таким образом Э. считает, что Ньютон погрешил против закона при-

чинности, что он удовлетворяет закону причинности только кажущимся образом постольку, поскольку в качестве причины он приводит фикцию, а не наблюдаемый факт, не какой-нибудь осязаемый предмет или что-нибудь в этом роде. В рассматриваемом случае может быть дан удовлетворительный ответ только в следующей форме: „Физическая система, состоящая из S_1 и S_2, не содержит в себе никакой мыслимой причины, к которой можно свести различное поведение тел S_1 и S_2. Причина должна лежать вне системы. Мы приходим к выводу, что общие законы движения, которые в частности определяют форму S_1 и S_2, должны быть таковы, что механическое поведение S_1 и S_2 определяются удаленными массами". Я вот на доске в уголочке изобразил маленький кружок M, который мы не причисляем к рассматриваемой системе и который должен изображать отдаленную массу. „Эти удаленные массы (и их относительное движение по отношению к данным телам) надо рассматривать в качестве носителей принципиально доступных наблюдению причин, обусловливающих различное поведение наших тел; они берут на себя роль воображаемой причины R_1. Из числа всех движущихся относительно друг друга мыслимых пространств R_1 и R_2 нельзя ни одному отдать предпочтения, так как тогда сейчас же вырастет вновь изложенное выше возражение со стороны теории познания. Законы физики должны быть таковы, что они должны сохранять свою силу по отношению к системам отсчета, наделенных любым движением. Мы переходим таким образом к расширению постулата относительности". Вы видите, что из этих рассуждений Э. выводит свой постулат относительности. Постараемся несколько подробнее объяснить. Э. хочет сказать, что причиной этого явления, т.-е. сплющивания тела S_2, являются удаленные тела и их массы. Тогда можно объяснить дело так. Если помимо тел S_1 и S_2 имеется какая-нибудь масса, удаленная звезда или целое собрание звезд, то почему тело S_1 не сплющивается, а тело S_2 сплющивается. Потому, что S_1 не вращается по отношению к звезде или к звездам, которые лежат вне системы S_1 и S_2, а тело S_2 сплюснуто потому, что оно вращается по отношению к этим массам. Значит, вращение по отношению к удаленным массам вызывает центробежную силу, а если этого вращения нет, тогда центробежных сил не появляется. Вы видите, что является здесь причиной. У Ньютона—это то, чего мы не видим, абсолютное пространство, а здесь причиной являются звезды. Если нас спросят, почему земля сплюснута, мы отвечаем по Эйнштейну: потому что она вращает-

ся по отношению к звездам. Мы смотрим на звезды и видим, что они двигаются. А если такого вращения по отношению к звездам нет, то и центробежной силы тоже нет. Таким образом Эйнштейн приходит к выводу, что опять-таки и в случае вращения мы можем говорить только об относительном движении. Этого ужасного ньютоновского абсолютного пространства нам больше не требуется: существует только одно относительное вращение по отношению к звездам. Но ведь здесь возможны два случая: может быть, дело обстоит так, что звезды и тело S_1 покоятся, а тело S_2 вращается по отношению к этой системе. Тогда будет сплющивание тела S_2. Но, может быть, тело S_2 покоится, а вращаются как тело S_1, так и все эти удаленные светила (на черт. 1 „M"). Относительное вращение звездного мира и тела S_2 остается такое же, как и в первом случае. Эйнштейн „допускает", что и в этом втором случае будут наблюдаться те же центробежные силы. Вы видите, что это есть обоснование принципа относительности: мы никогда не знаем, сами ли мы вращаемся или вращается вселенная вокруг нас, при чем говорить, что нам для обоснования этого положения нужна математика—не приходится, потому что тогда Э. сам воспользовался бы математикой. Однако этого нет. Это все такие вещи, которые можно очень легко изложить без всякой математики.

Прежде чем приступить к анализу того, что было сказано, позвольте привести одно место из „Механики" Маха для того, чтобы показать, что, в сущности, в этом месте, в этой главе, которую я сейчас изложил, Э. ничего не прибавил к Маху.

„Рассмотрим ту самую область, на которую опирался Ньютон и, повидимому, не без основания, когда он отличал относительное от абсолютного движения. В том случае, когда земля имеет абсолютное вращение вокруг своей оси",—вы видите, что разница заключается в том, что у Э. два воображаемых тела, а Мах говорит про земной шар и звезды, но, конечно, это дела не меняет. „В том случае, когда земля имеет абсолютное вращение вокруг своей оси, то на ней появляются центробежные силы. Она сплющивается; ускорение силы тяжести уменьшается. Плоскость качания маятника Фуко поворачивается и т. д. Все эти явления исчезают в случае, если земля покоится, и остальные небесные тела вращаются в абсолютном вращении вокруг земли. Так происходит, однако, если мы с самого начала исходим из представления об абсолютном пространстве. Если же мы останемся на почве фактов, то мы знаем лишь относительные пространства и относительные движения. Относительные движе-

ния в системе мира—мы отвлекаемся от неизвестной и не наблюдаемой среды, наполняющей мировое пространство,—относительны они и в системе Птоломея и в системе Коперника. Обе точки зрения одинаково верны, и только последняя проще и практичнее. Система мира не дана нам дважды с вращающейся и не вращающейся землей, но она дана нам в одном виде с ее единственно определимым относительным движением. Мы не можем сказать, что было бы, если бы земля не вращалась... Основы механики могут быть так изложены, что и при относительных вращениях получаются центробежные силы" (курсив наш. *А. Т.*). Я не вижу никакой разницы: Эйнштейн повторил то, что много лет перед тем говорил Мах, при чем Мах только говорил, что можно построить механику так, чтобы и при относительных вращениях получались центробежные силы. Э. не только сказал это, но и сделал. Вот в чем разница. Во всяком случае, я думаю, для всех ясно из сопоставления этих двух выдержек, что Э. пользуется теми же соображениями, как и Мах—отрицать это будет очень трудно, боюсь даже, что и совсем невозможно.

Теперь, после изложения, позвольте приступить к самому анализу и прежде всего к анализу теории познания Эйнштейна. Я прочту сейчас еще раз то самое место, где Эйнштейн излагает свою теорию познания: „мы задаем вопрос, на каком основании тела S_1 и S_2 ведут себя по-разному. Ответ на этот вопрос может быть только тогда признан удовлетворительным с точки зрения теории познания, если обстоятельство, приведенное в качестве причины, есть факт, наблюдаемый на опыте. Закон причинности имеет смысл утверждения, применимого к миру нашего опыта, только тогда, когда в качестве причины и следствия в конечном счете выступают наблюдаемые факты". И примечание, с чего я и начну свой анализ, говорит следующее: „Такой удовлетворительный с точки зрения теории познания ответ, естественно, может быть физически неприемлемым, если он противоречит другим опытам". Вот это самое примечание многого стоит! Можем ли мы с материалистической точки зрения говорить, что такой теорией познания можно пользоваться? Что такая теория познания вообще есть теория познания. Теория познания дает нам удовлетворительный ответ, а физически на практике это оказывается неприемлемым. Я спрашиваю, на что такая теория познания нужна? Ведь теория познания, как теория познания, должна способствовать нашему познанию, а если она приводит к результатам, которые физически опровергаются, то, простите,

это не теория познания, и всякий естествоиспытатель, прежде чем заниматься наукой, эту теорию познания должен выбросить за окошко.

С точки зрения философии Маха это совершенно приемлемо, потому что Мах—это я покажу в дальнейшем по выдержкам—говорит: одно дело теория, другое дело практика. Мы, материалисты, считаем, что единственным критерием истины есть практика. Мы не можем проводить грани между теорией и практикой. Для философии Маха такая постановка мыслима. Он определенно указывает, что нам не за чем в теории связывать себя практикой, то же самое делает и Эйнштейн, но для материалиста, который считает, что вся наша наука есть отражение действительно существующего, помимо нашего познания, мира, такая теория познания совершенно неприемлема, и я скажу, для ученого, для ученого исследователя такая теория познания совсем не нужна, раз она может нам давать результаты, которые не подтверждаются на опыте.

Теперь позвольте перейти к самому существу. В качестве причины и в качестве следствия должен быть наблюдаемый факт „beobachtbare Erfahrungstatsache", т.-е. должно быть то, что мы непосредственно ощущаем. Это есть то, что с точки зрения Маха называется „элемент" или что по существу есть „ощущение". Это единственное, что мы знаем. В основу науки, в основу теории непременно нужно положить то, что непосредственно наблюдается. Вот, если наблюдатель на планете S_2 непосредственно видит звезду, по отношению к которой он вращается, то это очень хорошо, это есть настоящая причина; в результате получается сплюснутая планета, это есть следствие, опять-таки я его непосредственно вижу: закон причинности применен как следует. А если я говорю вместе с Ньютоном, что вот тело S_2 вращается по отношению к неподвижной системе координат,—какой же, говорят мне, это наблюдаемый факт. Это просто фикция и больше ничего. Теперь, позвольте вам сказать, что с точки зрения ученого естествоиспытателя такая теория познания равносильна утверждению: то, чего я не знаю сегодня, я не узнаю никогда. Может быть, очень многие из присутствующих обидятся на это, но что же делать. Теперь, давайте обсудим все это как следует, на примерах. Мы все хорошо знаем, что холера получается от того, что в наш организм попадают холерные вибрионы. Мы их в микроскоп видим, следовательно, „причина" есть наблюдаемый факт. Последствия, т.-е. та самая болезнь—холера,—тоже, к сожалению, очень хорошо наблюдается. Ну, а возьмем теперь ка-

кую-нибудь другую болезнь, возбудителей которой мы еще пока не знаем, и пусть кто-либо говорит, что эта болезнь, по примеру всех других, возбуждается сходными же микроорганизмами. Мы их не видим, ищем и все-таки в течение нескольких лет не находим. Но разве можно приводить такую причину? Мы грешим против принятой Махом и Эйнштейном теории познания, потому что приводим такие причины, которые непосредственно не наблюдаются: мы основываемся на фикциях. Как же тут быть? Значит, каждый здравомыслящий бактериолог, если он последователен, должен отбросить теорию познания Маха, Эйнштейна. Правда, как говорит Владимир Ильич: „Маха грех упрекнуть в последовательности", он сам бывает непоследователен, он выскакивает из рамок своей собственной теории познания, и он сам указывает, что исследователь может ей и не пользоваться, но тем самым он расписывается в том, что его теория познания в научном отношении есть теория познания реакционная, которая удерживает нас от всех новых исследований. Ведь, в сущности, заниматься тем, чтобы говорить только о вещах, которые я знаю, очень скучно. Всякий ученый хочет узнать что-либо новое, а нового он еще не знает, он ищет, но как же можно в науке, руководясь этой пресловутой теорией познания, принимать то, чего я непосредственно не наблюдаю? Теперь другой пример, не менее ясный. Нам теперь должно быть вполне понятным, почему Мах так ненавидел атомно-молекулярную теорию. Ведь в те времена мы не могли наблюдать действия отдельных атомов. С точки зрения Маха признавать существование атомов было просто нелепицей, потому что, в конце концов, задача науки состоит в том, чтобы на основании данных нам ощущений или „элементов" составлять понятия, мысли, а эти мысли приспособлять друг к другу. Вот в этом и состоит наука по Маху. Как же мы в качестве элементов берем что-то такое, чего мы никогда не видали? Мах оговаривается, что понятием атома можно пользоваться на практике, но ничего хорошего в этом нет. Всякие же сложные молекулярные теории он считал вредным заблуждением. Итак, с этой точки зрения до 1903 года, когда Крукс показал нам на экране сернистого цинка действия отдельных атомов (потом появились другие методы), вся физика пользовалась фиктивными причинами. Но как же мы должны относиться к гигантской работе целого ряда поколений крупнейших физиков, которые оперировали вот с этими самыми фикциями. Они оперировали фикциями и в качестве причин тех явлений, которые они исследовали, принимали нечто такое, что

противоречит теории познания. Каждый человек должен отдавать себе отчет в том, что он говорит, и ясно, что если кто-нибудь такую теорию познания выставил, значит, она для него обязательна; а факты показывают, что эта теория познания оказывается для всех естествоиспытателей неприемлемой. Поэтому представляется странным, как это такое Эйнштейн полагает в основу своей теории такую теорию познания, которая в других областях оказывается не только неприменимой, но заведомо вредной, так как она не дает нам возможности строить новые теории и продвигаться вперед в процессе исследования. Но, что еще любопытнее, сам Эйнштейн не применяет эту теорию познания в своих классических работах по молекулярной физике. Об этой стороне деятельности Э. знают немногие, а как автора статей о принципе относительности его все знают. Повторяю, немногие знают, что Эйнштейн сделал ряд блестящих работ по молекулярной физике и притом работ экспериментальных. У него есть напечатанная в 1916 году работа об экспериментальном доказательстве Амперовых токов. В теории Ампера предполагалось, что в намагничиваемых телах в каждой молекуле, т.-е. с точки зрения Маха в фикции, движется замкнутый электрический ток. По электронной теории это значит, что вокруг ядра атома движутся электроны по замкнутым путям. Когда мы тело намагничиваем, то плоскости, в которых располагаются замкнутые пути электронов, выстраиваются перпендикулярно направлению магнитной силовой линии (см. рис. 2). Если вы намагничиваете проволочку AB так, что магнитная сила направлена снизу наверх (см. черт. 2), то все орбиты электронов должны расположиться в горизонтальных плоскостях (a, a, a...). Если я возьму железную проволочку AB и подвешу ее к тонкой нити, направленной по ее оси, снабжу проволочку зеркальцем, чтобы наблюдать ее поворот, и если я начну намагничивать эту проволоку параллельно оси, то у меня все „Амперовы токи“, все электроны, должны вращаться в плоскостях, перпендикулярных к оси, как показано на чертеже. И если я буду смотреть сверху от A к B, то

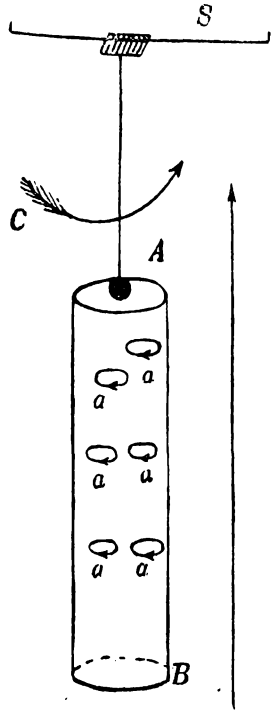


Рис. 2.

я увижу, что электроны, вращавшиеся в ненамагниченной проволоке как попало, стали все вертеться в одном направлении. А в механике существует принцип, что если данная система, висящая на этой проволоке, не имела вращения, то она под действием внутренней силы не может получить вращения, и если такое вращение для электронов, составляющих материю, получится, благодаря ориентировке их орбит, то для компенсации вся проволока должна повернуться в обратную по стрелке *C* сторону. Э. этот опыт проделал и получил блестящий результат. Пользовался он своей теорией познания? Ведь Амперовы токи и электроны—это фикции! Надо полагать, что когда он эту работу продумывал, рассчитывал диаметр проволоки и проч., он свою теорию познания оставил где-нибудь на полочке. Вообще, с точки зрения защищаемой им философии, всякое новое открытие—есть „нечаянная радость", а может быть, нечаянное огорчение—это зависит от темперамента.

Как бы то ни было, Э. и Мах побили старика Ньютона, вытеснили абсолютное пространство. Они поставили дело так, что нам нет больше необходимости прибегать к таким фикциям, по крайней мере в той области, которая трактуется в принципе относительности: мы всегда можем всякое движение считать за относительное. Если речь идет о движении земли, то и Коперник и Птоломей,—оба одинаково правы, может быть так, может быть иначе, и разрешить этот спор нам не дано. Напрасно, в самом деле, Галилей кипятился и навлек на себя всякие неприятности!

Позвольте задать вопрос. Что же, победителям можно почить на лаврах? Вообще это занятие нездоровое. И вот я думаю, что не очень-то приходится радоваться устранению таких метафизических элементов, как абсолютное пространство. И даже в той самой пресловутой формулировке, которую дали Э. и Мах, кроются такие стороны, которые при ближайшем рассмотрении приводят нас к тому же самому. Нужно будет тоже вводить фикции, такие же точно, какие вводил Ньютон, так что преимущества нет решительно никакого. Для того, чтобы наше рассуждение было нагляднее, я рассказывать более об этих двух планетах, нарисованных у нас на доске, не буду, а просто прочту потом выдержку из сочинения В. А. Базарова. Пока же я буду говорить о маятнике Фуко. В чем состоит этот знаменитый опыт с маятником Фуко. Я позволил себе выставить модель, на которой легко напомнить в чем тут дело (см. рис. 3). Вы видите вращающийся диск с дугой, к этой дуге посредине подвешен маятник. Я его пускаю качаться, он сохраняет плоскость своего ка-

чания, но он сохраняет ее не только пока диск неподвижен, но е ли я начну поворачивать диск, то вы видите, что маятник сохраняет плоскость своего качания. Я повернул на 90 градусов диск, а маятник все качается в одном и том же направлении, от меня к вам вдоль ковра, лежащего в проходе между стульями. Одним словом, маятник совершенно не участвует во вращении диска и дуги. Дело обстоит тут очень просто. Что я делаю, когда поворачиваю дугу? Я самое большее закручиваю нить. На плоскость качания маятника это не повлияет. Но что будет замечать наблюдатель, если бы он сидел на диске и не замечал собственного движения? Для него плоскость качания маятника поворачивается в сторону, противоположную его собственному вращению, вместе с диском. Тут ведь все благополучно. Мы с вами видим, что плоскость качания маятника по отношению к столу неподвижна, а диск вертится. В положении такого наблюдателя находимся мы с вами. Представим себе, что мы повесили маятник и пустили его колебаться вдоль этого ковра, лежащего в проходе. Мы находимся на земном шаре, который поворачивается, по учению Коперника. Если подходить к этому с философской точки зрения, то это дело вообще темное, но я буду говорить по-просту, по Копернику. Дело происходит таким образом. Качается маятник по направлению ковра, а земной шар и с ним наша зала вращается, как нас учили в географии, от запада к востоку. Поэтому надо себе представить, что наша комната поворачивается вот в каком направлении (показывает), а маятник продолжает качаться так, как и раньше. Если комната поворачивается, а мы этого движения не замечаем, то мы будем видеть, что плоскость качания маятника будет поворачиваться так: сначала маятник качался по направлению ковра, затем стал качаться по направлению к тов. Рязанову, затем к В. А. Базарову, потом плоскость его качания будет направлена к столу т.т. стенографисток. Этот опыт мы проделываем во всех благоустроенных аудиториях. С точки зрения Маха и Эйнштейна мы должны сказать: плоскость качания

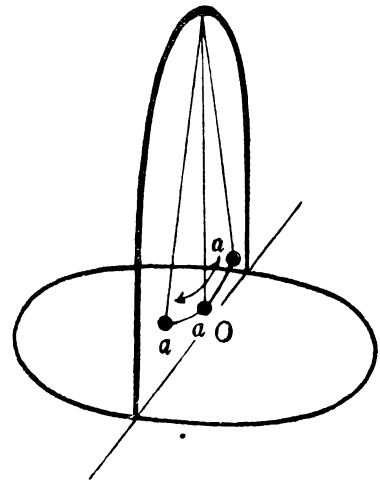


Рис. 3.

маятника неподвижна по отношению к неподвижным звездам. Другой последователь философии Маха, Петцольд, прямо так и говорит, что маятник Фуко, во всяком случае, не доказывает вращения земли, а доказывает, что плоскость его качания „связана с неподвижными звездами“. Все это очень хорошо. Теперь позвольте изобразить этот опыт в более фантастической обстановке. Вообразим себе, что мы находимся на земном шаре в таких условиях, что мы никогда не видели солнца, не видели звезд, что мы находимся под таким густым покровом облаков, через который свет совсем не проходит, но в остальном все обстоит так, как мы привыкли. Если Эйнштейн излагает теорию относительности на основании таких примеров, то никто не может мне запретить привести подобный же пример—земля под таким густым покровом облаков, что не видно ни солнца, ни звезд. Мы только что произвели один опыт с моделью маятника Фуко—опыт удается. Потом пусть мы делаем опыт с настоящим маятником Фуко, и плоскость качания маятника Фуко поворачивается.

Теперь, я вас спрашиваю, можем ли мы эти два явления считать сходными—то, что здесь на столе, и поворот плоскости маятника Фуко. Чтобы не вызывать прений, я скажу—я человек уступчивый,—что или да, или нет. Может быть, эти два явления сходные, а может быть, и нет.

Базаров, В. А. Вполне сходные.

Тимирязев, А. К. Я говорю, что, может быть, они и не вполне сходные, я буду считаться и с этой возможностью. Допустим, что эти явления вполне сходные. Мы видим, что плоскость качания маятника при повороте диска стоящей перед нами модели, по отношению к столу, остается неподвижной по отношению к столу, но она перемещается по отношению к диску. Здесь все благополучно. Теперь, допустим, что мы делаем опыт с настоящим маятником Фуко, но при условии, что густые облака покрывали от века и покрывают нашу планету. Плоскость качания маятника повернулась, а что же мы тут возьмем в качестве „причины“. Ведь, по Маху-Эйнштейну, причина этого явления связана с неподвижными звездами, а неподвижные звезды для нас, находящихся в указанных условиях, „beobachtbare Erfahrungstatsache“ или нет? Для нас—людей, никогда не видавших звезд, звездный мир—есть фикция, не так ли? Вот эта оболочка облаков, она вращается вместе с нами, по отношению к чему же вращается земля? Чем это, товарищи, хуже абсолютного пространства Ньютона или мирового эфира? Я спрашиваю, чем хуже

допущение абсолютного пространства допущения существования звезд, которых я никогда не видал? Мы попали, признайтесь, идя по стопам Эйнштейна-Маха, все-таки в неловкое положение. Я бы очень желал, чтобы мне указали мою ошибку. Но обсудим другую возможность. Рассматриваемые два явления ничего общего между собой не имеют. Ведь, в самом деле мы, идя тем путем, каким мы шли до сих пор, возражаем против самого принципа относительности. Ведь, раз говорят о движении, должно быть дано движущееся тело и то, по отношению к чему оно движется. А тут и этого нет. Перейдем к другому случаю. Перемещение плоскости качания маятника по отношению к диску одно дело, а поворот плоскости качания маятника Фуко—совсем другое. Тут я сам выпутаться уже не могу. Поэтому я прошу помочь мне тех, кто мне будет возражать. Какая будет причина, какая „beobachtbare Erfahrungstatsache", которая эту плоскость качания маятника поворачивает? Я ничего не могу найти. Почему маятник качается сначала по одному направлению, а потом по другому? Что тут в этом маятнике или в точке его привеса заставляет плоскость качания поворачиваться? Мне кажется, этот второй выход хуже первого. Еще в старину говорили „или,—или", третьего не дано, tertium non datur. Но так говорили весьма наивные люди. В. А. Базаров дал нам третий ответ: „плоскость качания маятника на планете, покрытой тучами, поворачивать не будет". Почему? Да сбудется реченная от господа пророком Альбертом Эйнштейном абсолютная относительность. Но оставим все-таки шутки в стороне и давайте посмотрим, какой В. А. сделал вывод; он сделал его не на основании маятника Фуко, а на основании примера с двумя планетами. Он сделал вывод, который Эйнштейн не решался или не хотел сделать. Выходит так, что если бы отдаленных тел—звезд (см. рис. 1)—не было совсем, а были только два тела S_1 и S_2 и все-таки S_2 оказалось сплющенным, то В. А. говорит, что такое явление было бы неописуемо, оно не мирилось бы с логикой, это было бы мистикой. Отсюда, в отсутствии звезд сплющивания быть не должно, и плоскость маятника Фуко на затученной планете не должна поворачиваться,—тогда логика с точки зрения В. А. была бы спасена, и тогда все было бы хорошо. Но если бы, паче чаяния, плоскость качания все-таки повернулась, то, по-моему, В. А., если он последователен, должен был бы притти в президиум Ком. Академии попросить тов. Меницкого сделать в „Известиях ВЦИК'а" объявление: „Пропала логика, нашедшего просят доставить в Ком. Академию, угол Знаменки и Малого Знаменского: вознагражде-

ние столько-то червонцев". Сколько—я не умею сказать, потому что я бы за такую логику и тысячи рублей дензнаками 23 года пожалел бы. Позвольте мне процитировать слова В. А. Базарова. Если я ошибусь, надеюсь, что он меня поправит. „Если бы оказалось, что при прочих равных условиях относительное вращение неодинаково влияет на шар А и шар В (у нас S_1 и S^2, рис. 1. *А. Т.*), например, первый оставляет неизменным, а второй сплющивает в эллипсоид, то это был бы классический случай отказа природы от выполнения предписаний логики: мы получили бы явление совершенно наглядное, легко воспринимаемое нашими чувствами и вместе с тем принципиально не поддающееся однозначному описанию, беспричинное, непознаваемое. Но именно так и рисуется явление абсолютного вращения ньютоновской механике. Так называемое абсолютное вращение Ньютон вырвал из реальной связи опыта, отнес к фикциям абсолютного пространства и времени, чем, a priori устранялась возможность однозначного описания, а следовательно, и причинного объяснения факта. И настолько велико было обаяние творца классической механики, что целые поколения талантливейших ученых, одушевленных мыслью изгнать из области научного понимания природы всякие следы метафизики и мистики, не примечали, что один из краеугольных камней того фундамента, на котором они строили—абсолютное вращение с его центробежными силами,—есть подлинное чудо: явление неописуемое и необъяснимое" [1]).

Я позволю себе задать только один вопрос: при построении любой машины нам надо рассчитывать по ньютоновской механике центробежные силы: отсюда вытекает, что вся современная техника основывается на мистике, не так ли? Значит, принимая во внимание все сказанное, я просил бы привести хоть один пример, где мы на основании мистики можем построить какую-нибудь машину. Если кто-нибудь что-нибудь утверждает, он должен хоть чем-нибудь да подтвердить свой взгляд. Зачем же мы, в самом деле, занимаемся антирелигиозной пропагандой, если мы на основании мистики можем строить машины? Надо относиться серьезно к тем соображениям, какие высказываешь. Затем надо сказать несколько слов о пресловутом принципе однозначности. У Владимира Александровича приведено несколько примеров: равноплечий рычаг должен быть в равновесии, так как иначе наша логика дает осечку. Равновесие равноплечего

---

[1]) „Принцип относительности и его философское истолкование", стр. 70.

рычага может быть доказано (по Маху и Базарову) логически, без всякого опыта. Ошибка здесь заключается в том, что равновесие рычага настолько обыденное явление, что его наблюдали тысячи раз поколения за поколениями,—в этом решительно никто не сомневается. Поэтому равновесие равноплечего рычага нам кажется чем-то само собой разумеющимся, чем-то априорным. Ввиду того, что мы в этом не сомневаемся и не проверяем на опыте, нам и кажется, что эти сведения нами не были почерпнуты из опыта. Далее я обращаю ваше внимание на то, что Э. для обоснования своей новой ультра-революционной теории должен был перетряхивать все то, что давно известно. Он ничего нового не прибавил в обоснование с философской точки зрения своего принципа к тому, что было сделано Махом. Точно так же и с так называемыми „принципом однозначности" я позволю себе привести соображения, которые высказал Владимир Ильич по поводу подобных же рассуждений Петцольда. Именно Петцольд в свое время тоже выставил этот принцип однозначности, который притягивается для опровержения взглядов Ньютона.

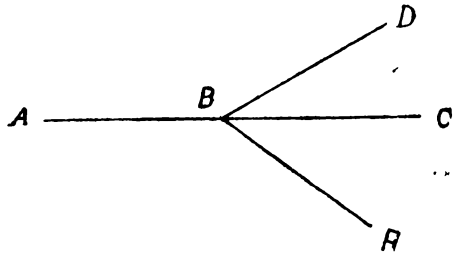


Рис. 4.

Вот, что пишет Ленин. Он цитирует Петцольда: „Мы не можем допустить такой неопределенности и произвола природы, мы должны требовать от нее определенности, закономерности" (Петцольд). „Так, так. Мы требуем от природы закономерности. Буржуазия требует от своих профессоров реакционности" (Ленин). Наше мышление требует от природы определенности, и природа всегда подчиняется этому требованию,—мы увидим даже, что в известном смысле она вынуждена подчиняться ему [1]). Почему при толчке по линии AB рис. 4 тело движется к C, а не к D, не к F и т. д.? „Почему природа не выбирает ни одного из бесчисленных других возможных направлений?" (Петцольд). „Потому, что они были бы „многозначны", а великое эмпириокритическое открытие Иосифа Петцольда требует однозначности. Подобным несказанным вздором наполняют „эмпириокритики" десятки страниц" (Ленин).

[1]) В. А. Базаров не так строг по отношению к природе, он дает ей свободу не подчиняться нашей логике, но она, видно, из любезности, до сих пор этой свободой не воспользовалась. См. „Принцип относительности и его философское толкование".

Я утверждаю, что в погоне за „однозначностью“ указанного типа принцип относительности все-таки его не достигает, и я утверждаю, что в приведенном мной примере (а я думаю, что, если подумать, их можно привести несколько) с маятником Фуко на планете, окутанной облаками, сказывается ясно, что даже эти схемы, которые восхваляют Мах и Э.,—что даже эти схемы провести как следует нельзя, потому что все-таки придется прибегать к „фикциям“. Для наблюдателя, у которого небо всегда покрыто облаками, звезды будут „фикцией“. Я остановлюсь, пожалуй, на одну минуту на следующей подробности. Владимир Александрович Базаров, Эйнштейн и Мах утверждают, что бессмысленно говорить о том, что вращается вокруг чего, что вращение нам дано не дважды, а всего только один раз. Я из кармана вынимаю винт и гайку. Не подумайте, товарищи, что я этим самым предлагаю изучать принцип относительности по „производственно-комплексному методу“. Я далек от этого. Я хочу на этом примере показать, от чего мы должны отказаться, если мы становимся на эту пресловутую точку зрения. Всякий знает, что я могу навинчивать гайку на болт, а могу и гайку держать неподвижно и поворачивать болт. Затем можно сделать и так: я могу немножко повернуть в одну сторону гайку, а в другую сторону болт. Это, ведь, знает каждый слесарь. Словом, я могу получить очень большое разнообразие в этих движениях болта и гайки. Но теперь, представьте себе, что все покрылось туманом, и остался один винт с гайкой, и пусть на гайке или на винте находится наблюдатель... Пусть наш винт имеет громадные размеры, и пусть наблюдатель не видит ничего, кроме самого себя и винта с гайкой. Что тогда будет? Тогда останется одно относительное вращение чего по отношению к чему,—неизвестно! А наблюдатель, становясь на точку зрения Эйнштейна, должен превратиться в „барана не помнящего“ (по выражению Щедрина), который хорошо видел, что вертелась гайка или винт, а когда все покрылось туманом, кроме этого винта и гайки: он все должен позабыть. И с видом глубокомысленного педанта должен повторять: вращение нам не дано дважды, существует только одно относительное движение; мы, ведь, люди науки, не слесари какие-нибудь!

Теперь позвольте мне перейти к вопросу об абсолютном пространстве, о котором говорит Ньютон. Я не буду приводить длинных выдержек: взгляды Ньютона по этому вопросу хорошо известны, он различал абсолютное пространство от пространства относительного, так же, как и время абсолютное от времени относительного, при чем он говорил, что пространство абсолют-

ное существует без всякого отношения к тому, что находится в этом пространстве, а пространство относительное—это есть измерение этого абсолютного пространства. Точно так же и со временем. Время существует независимо от всяких изменений, какие происходят, но эти изменения происходят во времени, и при их помощи мы измеряем это время. Я всегда думал, что Ньютон этим утверждением о существовании и абсолютного пространства и абсолютного времени хотел просто выразить объективность пространства и времени. Он хотел указать, что пространство и время существуют независимо от наших измерений теми или иными способами. Но мне всегда указывали и указывают, что я жестоко ошибаюсь. Но так ли в самом деле я ошибаюсь? Я сейчас вам приведу ряд соображений по этому поводу высказанных, с одной стороны, материалистами, в материализме которых мы сомневаться не можем, с другой стороны—идеалистами, и, наконец, самим Э., и мы посмотрим, кто, в конце концов, прав. Прочитаю выдержку из Маха. „Если принять, далее, во внимание, что для ньютоновой механики тяготения и небо неподвижных звезд не может уже иметь значения постоянной, неподвижной системы, нам станет до некоторой степени понятна его рискованная попытка отнести всю динамику к абсолютному пространству и, соответственно, к абсолютному времени. На практике это предположение, кажущееся нам бессмысленным, ничего не изменило в признании неба неподвижных звезд за систему пространственных и временных координат; оно осталось поэтому безвредным и в течение долгого времени ускользало от серьезной критики. Можно, пожалуй, сказать, что главным образом именно со времени Ньютона время и пространство стали теми самостоятельными и, однако, бестелесными сущностями, которыми они считаются по настоящее время“ („Познание и заблуждение“, стр. 440).

А вот как излагает Ленин это рассуждение Маха. „В современной физике,—говорит он (Мах. *А. Т.*),—держится взгляд Ньютона на абсолютное время и пространство, как таковые. Этот взгляд „нам“ представляется бессмысленным,—продолжает Мах,—не подозревая, очевидно, существования на свете материалистов и материалистической теории познания. Но на практике этот взгляд был безвреден (unschädlich) и потому долгое время не подвергался критике. Это наивное замечание о безвредности материалистического взгляда выдает Маха с головой! Во-первых, неверно, что идеалисты не критиковали этого взгляда „очень долго“; Мах просто игнорирует борьбу идеалистической и мате-

риалистической теории познания по этому вопросу; он уклоняется от прямого и ясного изложения обоих взглядов. Во-вторых, признавая „безвредность“ оспариваемых им материалистических взглядов, Мах, в сущности, признает тем самым их правильность. Ибо как могла бы неправильность оказаться в течение веков безвредной? Куда делся тот критерий практики, с которым Мах пробовал заигрывать? „Безвредным“ материалистический взгляд на объективную реальность времени и пространства может быть только потому, что естествознание не выходит за пределы времени и пространства, за пределы материального мира, предоставляя сие занятие профессорам реакционной философии. Такая „безвредность“ равносильна правильности“ („Материализм и эмпириокритицизм“, стр, 178).

Посмотрим теперь, что пишет академик А. В. Васильев, которого в чем-чем, а в материализме никак нельзя обвинить. Вот что он пишет по поводу заслуг архиепископа Беркли: „Эта сильная критика понятия об абсолютном пространстве вполне естественна со стороны мыслителя, который впервые в европейской философии господствовавшему взгляду на пространство, как на нечто объективное, противопоставил объяснение пространственных представлений ассоциацией осязательных, двигательных и зрительных ощущений“ („Исторические основы теории относительности“, стр. 41). Немного дальше, на стр. 49, у проф. Васильева есть крайне ценное примечание.

„Позже метафизических взглядов на пространство и время под влиянием левого гегельянства держались Плеханов и Вл. Ильин (Н. Ленин)“.

А вот что пишет сам Эйнштейн: „Чтобы можно было смотреть на вращение системы, как на нечто реальное, Ньютон объективирует пространство“ (Эйнштейн, Эфир и принцип относительности, Петроград 1922, стр. 19.) Следовательно, все свидетели, несмотря на различие их взглядов, сходятся в одном, что Ньютон считал пространство и время существующими объективно, путаницы тут никакой нет. Итак, значит, Ньютон смотрит материалистически на пространство и время. Он полагал, что пространство и время, так же, как и материя, существуют независимо от нашего сознания, от наших методов измерения. В этом он сходился с материалистами—Фейербахом, определявшим пространство и время как необходимые условия существования материи, и Энгельсом, утверждавшим, что пространство и время—формы бытия материи. Теперь давайте посмотрим на то, как определяется пространство и время у Э. хотя бы в специальном принципе от-

носительности. По Э., система пространства и времени—это есть результат наших измерений, которые каждый наблюдатель производит своими масштабами и своими часами, при чем эти часы сверяются совершенно определенным образом. Скорость света предполагается неизменной; почти все сторонники теории Эйнштейна, не исключая и Владимира Александровича Базарова, указывают, что опыт Майкельсона доказывает постоянство скорости света. Я против этого возражаю потому, что опыт Майкельсона совершенно недостаточен для решения вопроса. Поэтому я готов защищать тезис: никто никогда на опыте не устанавливал независимость скорости света от системы отсчета, т.-е. от состояния движения экспериментатора с его приборами. Итак, по Эйнштейну, время определяется часами, которые регулируются при помощи световых сигналов, а скорость света считается всегда равной 300.000 километрам в секунду (в специальной теории). Этот комплекс показаний часов и есть время. Это не один из возможных способов измерения времени, а само время, как таковое! Итак, помимо этих показаний часов, никакого времени нет; конечно, нет необходимости, чтобы часы были часами со стрелками,—это может быть любой процесс, который мы устанавливаем в согласии с получаемыми световыми сигналами. Если мы станем на единственно правильную материалистическую точку зрения и будем считать, что правило Эйнштейна, которым он определяет пространство и время, есть только один из способов измерения времени и измерения пространства, то это будет роковым решением для теории Эйнштейна и для философии Маха. Существует, ведь, то, что я непосредственно вижу и измеряю, т.-е. показания часов и результаты измерений масштабом. А если возможно определять время и пространство каким-нибудь еще и другим способом, то вдруг окажется, что этот новый способ дает нам возможность доказать правоту Коперника и доказать, что вращается земля, а не „твердь небесная"! Потому Эйнштейну необходимо держаться за свои определения времени и пространства как в своей специальной, так и в общей теории, как за абсолютно единственные определяющие самое доподлинное время и пространство, при чем это время и пространство для каждой системы координат различные! Таким образом в теории относительности самый принцип относительности есть нечто абсолютное.

Вот, товарищи, в общем то, что я хотел сказать. Если я что-нибудь упустил, то это выяснится в ходе прений, и я тогда могу в заключительном слове сделать необходимые дополнения. Еще

я коснусь вопроса о том, как относятся сейчас к принципу относительности. Отношение весьма различное. Со стороны популяризаторов, со стороны людей, мало знающих его и не особенно близко стоящих к самой науке—замечается один сплошной восторг: математики восторгаются им потому, что они рассматривают исключительно формальную сторону дела. Физики относятся гораздо более сдержанно: присутствующий здесь профессор В. И. Романов может подтвердить, что на съезде в Бонне минувшей осенью обсуждался вопрос о том, поскольку наблюдения, сделанные во время солнечного затмения, подтверждают правильность предположения Э. (об этих наблюдениях во всех газетах возвестили как о триумфе Эйнштейна). Диспут в Бонне велся в присутствии Э.; в результате было выяснено, что еще рано говорить о подтверждении предсказания теории. С движением перигелия Меркурия дело обстоит еще хуже, потому что астрономы нашли ошибки в подсчете перемещения перигелия,—оказалось, что это смещение перигелия гораздо меньше, чем это вытекает из теории Э. В недавней статье в „Annalen der Physik“ Герольд Глейх определенно указывает, что если бы и подтвердилась из наблюдений величина смещения перегелия Меркурия, что по меньшей мере сейчас сомнительно, то это ничего не доказывает, так как целый ряд других теорий, числом 5, приводят к тому же самому.

Укажу также на один факт, который всех ошеломил,—это повторение опыта Майкельсона Миллером. Опыт дал положительный результат. Из истории этого вопроса мы знаем, что в течение 18 лет Миллер пробовал повторять Этот опыт на разных высотах над уровнем моря и заметил, что, чем выше мы находимся над уровнем моря, тем больший получается эффект. Величина эффекта не совпадает с величиной, которая вытекает из элементарной теории, но эффект все таки получается, а по теории относительности его не должно быть. Сам автор настолько осторожен, что он еще не делает выводов: он указывает, что „мы должны несколько раз повторить опыт, и тогда только мы сделаем соответствующие выводы“. Как бы то ни было, движение по отношению к эфиру сейчас, на основании этих опытов, показать можно. Как тогда быть с постулатом постоянства скорости света—я, по крайней мере, не знаю. Очень многие сторонники теории относительности говорят, что у Миллера сказалось влияние вращения земли. Оказывается,—это неверно. Речь идет о влиянии поступательного движения. Во всяком случае, я указываю, как на знаменательный факт, что сейчас занялись этим во-

просом экспериментально. До сих пор существовал какой-то зарок, и благодаря авторитету Э. считали, что искать опытным путем доказательств движения земли все равно, что искать perpetuum mobile. Но нашлись смелые люди вроде Миллера, которые не побоялись насмешек и действительно, не на словах, а на деле, стали двигать науку вперед в той области, где в течение нескольких лет наблюдался застой.

Позвольте подвести маленький итог. Мне думается, что мне удалось показать, в какой мере Э. руководился философией Маха, и что эта философия ему только в этих работах была нужна. Для исследований в области молекулярной физики теория познания Маха прямо вредна, в области же отвлеченных рассуждений, стоящих в стороне от всякого опыта, она оказалась полезна Эйнштейну. Но есть ли это поступательное движение в науке? Я приведу только одну выдержку, очень любопытную, так как она показывает, в какой мере Э. старается природу стричь под свою гребенку. „Можно принять существование эфира, не следует только заботиться о том, чтобы приписывать ему определенное состояние движения, иначе говоря, нужно путем абстрагирования отнять от него последний механический признак, который ему еще оставил Лорентц. Позднее мы увидим, что данные всеобщей теории относительности оправдывают такое представление, мыслимость же этого представления я выясню сейчас же на одном несколько хромающем примере.

Представим себе волны на поверхности воды. Можно различать в этом явлении две стороны. Прежде всего, можно исследовать, как с течением времени меняется волнообразная поверхность, разделяющая воду и воздух. Но можно также,—например, при помощи маленьких плавающих тел,—исследовать, как изменяется с течением времени положение отдельных частиц воды. Предположим, однако, что мы принципиально отказываемся от применения таких плавающих телец для исследования движения частиц воды, тогда мы сможем во всем явлении заметить только пространственное изменение во времени положения поверхности воды, в таком случае у нас нет никаких оснований предполагать, что вода состоит из подвижных частиц. Тем не менее, мы можем спокойно считать воду средой“ (А. Эйнштейн, Эфир и принцип относительности, стр. 17).

Значит, для того, чтобы все по этой революционной теории выходило гладко, нам нужно отказаться от того, что мы уже знаем. Нужно отказаться от того, что вода состоит из частиц, потому что нам это в данном случае удобно. Тут просто говорится:

оставьте меня в покое, я понимаю, что вода состоит из частиц, но я не хочу этого, мне эти грубые частицы мешают полету моей смелой мысли. При обосновании математических преобразований принципа относительности мы должны говорить о том, что Коперник, в сущности, ничего не доказал, так как и он и Птоломей—оба правы. В этой области науки мы должны, по крайней мере, в некоторых частях итти не вперед, а назад, а потому можно и заключить хотя бы и временный союз с реакционной философией.

В заключение я должен сказать, что подобного рода философия, которая положена в основу теории относительности, является помехой для настоящей исследовательской работы естественника, которая состоит все-таки—по-старому—в изучении того, что есть.

Заключительное слово.

Товарищи. Ответ, сколько-нибудь обстоятельный на те возражения, которые мне были сделаны сегодня, потребует довольно много времени; поэтому я очень рад воспользоваться тем предложением, которое в конце концов было принято: мне предоставляется заключительное слово сегодня с тем, чтобы прения все-таки не были на этом закончены. Мы соберемся здесь еще раз, и потому, если я не успею ответить на все возражения сегодня, то у меня останется возможность ответить во втором заключительном слове, которое, надеюсь, мне будет предоставлено на нашем следующем собрании.

Перехожу к общей характеристике тех нападок, которые на меня делались. Я прежде всего должен сказать, что ни один из возражавших мне товарищей не обмолвился ни одним словом о том принципиальном затруднении, в какое попали „релятивисты“ и которое я иллюстрировал на примере опыта с маятником Фуко на планете, покрытой тучами [1]).

Правда, тов. Шатуновский тоном победителя заявил, что вращение плоскости колебания маятника происходит по отношению к среде, передающей силу тяжести, но ведь это не воз-

---

[1]) По этому поводу мне после доклада возражали, что этот пример есть у Пуанкаре. Я вовсе и не заявлял никаких претензий на приоритет, хотя ни Пуанкаре, ни ряд других исследователей не делали из этого примера тех выводов, на которые я обратил внимание в своем докладе. Пуанкаре, говоря о гипотетических жителях Юпитера, живущих под толстым слоем облаков, приходит к выводу, что у них должен был появиться свой Коперник, который своей гипотезой о вращении самой планеты дал бы возможность

ражение, а повторение моего аргумента; ведь эту среду, передающую силу тяжести, мы так же не ощущаем, как и абсолютное пространство Ньютона. Итак, по самому существенному пункту доклада никто ни одного возражения не сделал.

Если резюмировать все сказанное здесь, то, за исключением некоторой части замечаний тов. Шмидта, наше разногласие сводится к различию во взглядах на теорию познания. Я придерживаюсь точки зрения материалистической. Мои уважаемые противники, к сожалению, ее не разделяют. Материалист в научных вопросах не может отделять теорию познания от практики,—от исследовательской работы. Для него просто смешно слышать, когда, подражая Маху, люди говорят, что в процессе исследования нельзя не быть материалистом, но в теории познания нельзя становиться на наивную точку зрения исследователя. Многие из говоривших здесь утверждали, что раз я отстаиваю взгляды на абсолютное пространство Ньютона, то я за господа бога. Извините меня, товарищи, но ведь это очень избитое возражение, которым пользуются все идеалисты в своих антиматериалистических и антинаучных выступлениях. Как, вы говорите, что внешний мир, пространство и время существуют вне нашего сознания? Вы говорите, что существует в мире Дарвинов естественный отбор? Значит, вы верующий: ничего этого доказать нельзя, в это можно верить. Так именно поступают все „окончательно“ опровергающие материализм [1]). А когда ошеломленный слушатель увидит, что вся наука есть не более как вера, то ему остается один выход: самому начать верить.

Особенно удивительно звучало это обвинение в устах тов. Кагана. Он утверждал, что ньютоново пространство основано на вере, и выдвигал вместо него принцип относительности с лежащими в его основе 10 функциями, которые нам совсем не известны; он прямо так и выразился: эти 10 функций для нас

„экономнее“ изложить явления природы. Я ставил вопрос иначе. Если мы в данном случае допускаем вращение планеты, то по отношению к чему она вращается? Мы неизбежно должны сделать допущение о чем-то, чего мы не видим и не наблюдаем, т.-е. отказаться от пресловутой теории познания Маха-Эйнштейна. В недавно полученной в Москве книжке „The Scientific Monthly“ (December, 1923) напечатана интересная критическая статья Dr. P. R. Heyl'a „Здравый смысл принципа относительности“, где проводится аналогичная мысль. *Примеч. 1/III—24 г.*

[1]) См. А. Тимирязев, Поход буржуазной науки против материализма в области естествознания,—„Спутник Коммуниста“ № 18, 1922 год. В настоящем сборнике—VI.

erra incognitissima. Спрашивается, а в эти 10 функций верят или не верят. Но вернемся к абсолютному пространству. Говорят, оно принципиально не наблюдаемо. Все выступавшие говорили, что я не понял Эйнштейна, что у него слово beobachtbar значит не просто наблюдаемый, а принципиально наблюдаемый, а ньютоново пространство принципиально не наблюдаемо

А где, уважаемые товарищи, у вас критерий того, что принципиально наблюдаемо, а что нет? Разве не слыхали мы десятки лет разговоров, что атомы принципиально не наблюдаемы. Правда, это все в стиле философии Маха: если я сегодня чего-нибудь не вижу, то, значит, этого я и не увижу никогда. Ведь вся задача ученого согласовать друг с другом „элементы", а „элементы" нам уже даны в наших ощущениях: не так ли?

Никто не будет утверждать, что понятие о пространстве, выставленное Ньютоном, так навеки и должно сохраниться во всей своей полноте,—это вопрос другой, его я сегодня и не затрагивал. Но основная мысль, что пространство не зависит от нашего сознания, что оно реально существует,—это основа всякой настоящей науки—основа материализма, и эта мысль Ньютона, безусловно, не устарела. Я не касался вопроса об эфире. Эфир тоже относят к разряду чего-то принципиально непознаваемого, а вот мы теперь имеем сведения об удачном повторении опыта Майкельсона. Если эти сведения подтвердятся, мы и для поступательного движения будем иметь возможность определять движение земли по отношению к этому эфиру; тогда получится опять большое противоречие с теорией познания Эйнштейна, не говоря уже о том, что тогда будет опровергнут основой „постулат" специальной теории Эйнштейна—постулат постоянства скорости света. Тов. Шатуновский жестоко ошибся, утверждая, что электрон есть энергия. „Электрон, как выразился покойный сэр Виллиам Рамзи, есть вещь". О точке зрения Рамзи и многих других людей науки, стоящих на материалистической точке зрения, можно много найти в книжке Владимира Ильича. Да будет мне позволено прочесть из этой книжки еще несколько строк. „Когда физики говорят: „материя исчезает", они хотят этим сказать, что до сих пор естествознание приводило все свои исследования физического мира к трем последним понятиям—материя, электричество и эфир; теперь же остаются только два последние, ибо материю удается свести к электричеству"... Вы нигде не найдете у Ленина указания на то, что электричество есть энергия, потому

что это фактически неверно, а у Владимира Ильича вы не найдете ни одной мысли, которая бы шла вразрез с фактическим содержанием науки. Электрон есть „вещь“, есть нечто существующее в пространстве и во времени, независимо от того, что мы о нем думаем. Очень удивляет меня заявление тов. Отто Юльевича Шмидта, что надо отгораживаться от „наивного“ реализма, и в то же время тов. Шмидт причисляет себя к материалистам. Вся суть материализма и состоит в том, что „наивный“ взгляд всякого человека с неповрежденными мозгами сознательно полагается в основу теории познания диалектического материализма. Позвольте опять привести слова Ленина: „Ссылка на „наивный реализм“, якобы защищаемый подобной философией, есть софизм самого дешевенького свойства. „Наивный реализм“ всякого здорового человека, не побывавшего в сумасшедшем доме или в науке у философов-идеалистов, состоит в том, что вещи, среда, мир существуют независимо от нашего ощущения, от нашего сознания, от нашего Я и от человека вообще... „Наивное“ убеждение человечества сознательно кладется материализмом в основу его теории познания“. Очень было бы интересно узнать, от какого такого „наивного реализма“ должен отгораживаться, по мнению тов. Шмидта, материалист?

Как я уже говорил, наши разногласия сводятся к тому, как мы смотрим на теорию познания. Мне возражали, что наши представления о мире изменяются. Да разве я это отрицал? Наши познания изменяются: они совершенствуются, они становятся все лучшей и лучшей картиной того, что есть, а в том что есть, что существует, происходят непрерывные процессы— непрерывные изменения. Но в каждый данный момент наши познания представляют собой в пределах того, что дает нам наша практика, относительно верное изображение абсолютной истины. Так как утверждение, что мир существует независимо от нашего сознания и существует в пространстве и времени, есть самая настоящая абсолютная истина.

Отто Юльевич говорил, что к принципу относительности можно подойти с материалистической точки зрения, и ссылался на Шликка. Вот уже этого я никак не ожидал. Что общего между Шликком и материализмом? Большей путаницы, чем у Шликка, мне, кажется, нигде не приходилось читать: он на каждом шагу сам себе противоречит. На одной странице он говорит: не существует единого пространства, существует пространство, зрительное, пространство осязательное и т. д. Все эти про-

странства ничего общего между собой не имеют, и их никак нельзя между собой сопоставлять. А через несколько строчек, нисколько не смущаясь, пишет, что в физике мы говорим о пространстве, как о синтезе всех этих пространств, которые, как только что перед тем было выяснено, нельзя даже сопоставлять между собой. И это тов. Шмидт называет материалистическим подходом?

Далее Отто Юльевич говорил, что единственная база для измерения времени—это скорость света. А откуда вы знаете, что мы исчерпали все возможности, неужели материалист-диалектик может сказать, что он все в мире знает? Что все способы регулировки часов исчерпаны? Это совсем не марксистский подход.

Если я не ошибаюсь, Владимир Александрович Базаров говорил здесь о трудностях, которые встретились при разработке теории эфира. Он говорил, что эфир приходится считать невесомым, и вот Эйнштейн будто бы нас избавил от этих трудностей. Я спрашиваю, слышал ли Владимир Александрович, что существовал и существует некий Джозеф Томсон.

В. А. Базаров. Конечно, слыхал.

Тимирязев, А. К.

Вот присутствующий здесь т. Юшкевич в одной из своих статей сослался на авторитет Томсона, сказавшего, что теория относительности Эйнштейна есть величайшее явление в науке после Ньютона. Эти слова действительно были сказаны Томсоном, но тут я охотно присоединяюсь к тов. Богданову и скажу: надо прежде всего поставить вопрос: где и когда и при каких обстоятельствах были сказаны эти слова.

Слова эти были произнесены в торжественной речи на годичном собрании Лондонского Королевского Общества по поводу присуждения премии Эйнштейну. В такие моменты всегда говорят приятные вещи.

Но применим тот самый метод, которым мы пользовались сегодня в нашем докладе; не будем много обращать внимания на то, что люди говорят, а присмотримся к тому, что они делают. В том же 1920 году, когда были сказаны эти всем теперь известные слова, тот же Томсон написал замечательную статью (напечатана в июньской книжке „Philosophical Magazine“, 1920), где он, развивая свою точку зрения на природу электромагнитного поля, приходит к выводам, во многом сходным с выводами Эйнштейна, но при этом он ни на минуту не отрывается от материалистической базы. Оттого, вероятно, эта работа и тщательно замалчивается. В его теории нет „абсолютной относи-

тельности". Он указывает на принципиальную возможность определять (о, ужас!) абсолютное движение, но предупреждает, что в настоящее время мы еще далеки от практического осуществления этой задачи.

Томсон категорически заявляет, что написал он эту статью для тех, кто не довольствуется математическими символами, кто привык, что за математическими символами должны скрываться конкретные физические образы.

По этому же пути пошел и немецкий физик Отто Винер. Он делает крайне интересную попытку построит модель эфира, т.-е. делает как раз то, что строжайше запрещено принципом относительности. Винер исходит из очень простых допущений: он рассматривает обыкновенную несжимаемую жидкость, которая заполняет безграничную область, и рассматривает самые разнообразные формы движения, какие могут совершать отдельные ее части. Все части жидкости между собой связаны, поэтому движение какой-либо ее одной части может в той или иной степени отражаться на движении остальных частей жидкости: самый характер этого влияния зависит от формы движения. Винер показывает, что две движущиеся части жидкости, в зависимости от характера движения, могут притягиваться, отталкиваться или не оказывать никакого действия друг на друга. Из этих движущихся областей жидкости, по Винеру, состоит то, что мы называем эфир и обыкновенная материя. Следовательно, можно на механической модели показать возможность существования „весомых" и „невесомых" масс. Движение с переменной массой, зависящей от скорости, весьма ясно и наглядно истолковывается Томсоном, как прилипание к движущимся силовым линиям электрического заряда частей окружающего его эфира. Пока эфир не связан с этими силовыми линиями или так называемыми „фарадеевскими трубками", мы его не можем привести в движение, он для нас „невесом". Таким образом физики, которые привыкли оперировать определенными физическими моделями, понятными всем и каждому, могут вовсе не так плохо разбираться в тех задачах, которые будто бы впервые выдвинуты Эйнштейном. Как можно утверждать, что Эйнштейн отрицает действие на расстояние, когда у него или совсем нет эфира, или имеется метафизический эфир, который не имеет права ни покоиться, ни двигаться,—я, признаюсь, совсем не понимаю. Я никак не могу понять, что действие на расстояние между луной и землей упразднено тем, что в промежутке между ними имеют место дифференциальные уравнения.

В заключение несколько слов о том, что теория Эйнштейна послужила мощным толчком к новым исследованиям и предсказала новые факты. Я позволю себе спросить: покажите мне, где эти исследования? Огромное большинство теоретических работ таковы, что любой физик, прочтя их, скажет, что он ни на иоту не подвинулся вперед в понимании окружающих его физических явлений. И смещение луча звезды, и смещение спектральных линий, и движение перигелия Меркурия не могут служить доказательствами. Во-первых, совпадение теории с опытом далеко не доказано, и сейчас мы как будто дальше отошли от решения этого вопроса, чем это казалось два года тому назад. А если бы даже и все это оказалось правильным, т.-е. теория подтвердилась бы на опыте, то и тогда этим было бы еще немного сказано, так как существует очень много гораздо более простых объяснений, при чем эти объяснения свободны от тех исключительных гипотез, какие с точки зрения физика включены в теорию Эйнштейна. Можно с полной уверенностью сказать, что в специальной литературе все чаще и чаще появляются статьи с возражениями против теории Эйнштейна, но об этих работах не принято упоминать даже в библиографических обзорах, так как возражать против „модной“ теории,—значит совершать неподобающие поступки в состоянии „запальчивости и раздражения“.

Смирнов, В. М.

Объявляю заседание закрытым.

XVI.

Теория относительности Эйнштейна и диалектический материализм.

В специальной научной литературе, посвященной физике, все чаще и чаще появляются обстоятельные статьи, содержащие веские возражения против принципа относительности Эйнштейна[1]). Отчетливо намечаются новые пути к решению задач, поставленных этой „революционной“ теорией, при чем оказывается, что нет никакой необходимости принимать многочисленные, парадоксальные и в то же время недоказуемые с физической точки зрения гипотезы, которыми изобилует теория Эйнштейна. Таким образом в мире специалистов период немого восторга и безоговорочного принятия на веру[2]) самых парадоксальных взглядов, какие только когда-либо появлялись в науке, сменился порой холодной, трезвой критики. За 19 лет своего существования теория предсказала всего только три факта, именно: движение перигелия Меркурия, искривление светового луча и смещение спе-

к тройных линий в спектре солнца.

[1]) Например, G. V. Gleich, „Zeitschr. f. Physik“, 25, p. 230, 1924. „Annalen d. Physik“, 72, 73, 1923. Lenard, „Annalen d. Physik“, 73, 1923. E. Grossmann, „Astronom. Nachricht“. 24, 1921. Gehrke und Lau, „Annalen d. Physik“, 67, 1922. Raschevsky, „Zeitchr. f. Physik“, 10 1922. Очень хорошая сводка литературы дана в брошюре S. Mochorovicici, Die Einsteinsche Reltivitäts Theorie u. ihr Mathem. Physik u. Philosoph. Character, Berlin, Wde Gruyter, 1923 (Философская сторона слаба).

[2]) С 1905 по 1911 г.г. в специальной печати возражений почти не было; большинство физиков безоговорочно согласилось с Эйнштейном. Теперь возражение следует за возражением. Эта справка, как нельзя лучше, опровергает избитую, ходячую „истину“: „Все новое встречается враждебно“. Пока для специалистов теория Эйнштейна была нова, против нее не спорили, и только теперь, когда в ней разобрались,—стали спорить и возражать. Вообще приходится скорее удивляться обратному явлению: как легко серьезные люди принимают на веру все, что угодно, и как мало развит дух критики.

ктральных линий в спектре солнца. По сравнению с другими теориями это очень и очень не много. Но этитри „блестящих“ пророчества, исполнение которых было возвещено как в общей, так и специальной печати и время от времени повторно возвещается в газетах всех стран, оказались очень и очень далеким от сколько-нибудь серьезной опытной проверки. Многое теперь говорит скорее даже против теории, чем за нее. Экспериментальные, исследования тонкой структуры спектральных линий, теория которой была разработана Зоммерфельдом на основе формулы Эйнштейна, выражающей зависимость массы электрона от его скорости, показали, что формула Эйнштейна не годится. Оказалось, что теория Абрагама, называемая теперь часто, в противоположность теории относительности,—„абсолютной“ теорией, много лучше изображает наблюденные факты[1]), чем теория относительности. Хотя сам Зоммерфельд, несколько поторопившись, уже в 1921 г. объявил о новой победе Эйнштейна! Наконец, повторенный на горе Вильсон, на высоте 1.800 метров над уровнем моря, опыт Майкельсона [2]) дал положительный результат! На-ряду с этим популярная литература наперебой расточает победные гимны по поводу окончательного и бесповоротного подтверждения теории относительности, закладывающей фундамент для нового „революционного“ мировоззрения; все же возражения систематически замалчиваются или обходятся, как несущественные. Все это вместе, конечно, оправдывает тот живой интерес, который проявляют к теории относительности наш журнал и широкие круги революционных марксистов и объясняет тот страстный характер, который принимает дискуссия. За текущий год появились две статьи, носящие тот же заголовок, что и настоящая. Одна напечатана в №№ 3—4/5 „Под Знаменем Марксизма“ и принадлежит тов. З. Цейтлину, другая вышла отдельной брошюрой, изданной Госиздатом Украины, и представляет стенографическую запись доклада тов. С. Ю. Семковского. Так как пишущий эти строки далеко не совсем согласен с статьей тов. Цейтлина и совсем не согласен с тов. Семковским, он считает необходимым также высказаться. На этот раз однако, ввиду целого ряда новых фактов, принесенных нам текущей журнальной литературой, мне хотелось бы еще раз подчеркнуть и развить ту точку зрения, которую мне неоднократно приходилось высказывать в печати и на всевозможных диспутах и дис-

---

[1]) E. Gehrke und Lau, „Annalen der Physik“, 67, 1922.

[2]) Dayton Miller, „Physical Review“, 19, p. 407—408, 1922.

куссиях[1]), тем более, что мои уважаемые противники многие из приводимых мною аргументов упускают из вида.

Прежде всего остановим наше внимание на первой редакции теории Эйнштейна, на его „специальной“ теории, как ее принято теперь называть. Эта первая теория, которая, по мнению самого Эйнштейна, целиком вошла как часть в его всеобщую теорию, покоится, как известно, на двух положениях. I. Все явления природы, изученные наблюдателем А, должны протекать совершенно так же и для наблюдателя В, движущегося вместе с изучаемыми им объектами по отношению к А равномерно и прямолинейно [2]). II. Скорость света также подчиняется правилу, изложенному в положении I. Так, если мы в какой-либо лаборатории измерим скорость света, то ту же величину получит другой наблюдатель, движущийся вместе со своей лабораторией (если, например, лаборатория находится в вагоне ж.-д. поезда) по отношению к первому равномерно и прямолинейно.

Поэтому совершенно тщетны были (с точки зрения Эйнштейна и его последователей, конечно!) попытки Майкельсона определить движение земного шара на основании измерений скорости света, производимых на земном шаре. Принимая I и II положения, мы должны будем сказать, что скорость света получится одна и та же, движется ли земля или нет. В 1922 г., как мы уже упоминали, Дейтон Миллер получил положительный результат, но об этом речь впереди. Что касается первого положения, то оно ни в ком решительно не вызывало и не вызывает никаких сомнений. Это положение лежит в основе механики Ньютона и Галилея и всей так называемой „классической механики“. Мы знаем, что если сидеть в вагоне поезда или каюте парохода, идущего хотя бы и очень быстро, но все-таки равномерно и прямолинейно, то все механические процессы должны протекать и действительно протекают так, как будто бы поезд или пароход стояли на месте. Брошенный на пол предмет попадет на то же самое место пола, независимо от того, стоит ли поезд или идет прямолинейно и равномерно. Обобщение этого принципа на все явления природы равносильно утверждению, что все явления природы—

---

[1]) См. А. К. Тимирязев, „Красная Новь“ № 2, 1921. Сборник: „Материализм в современном естествознании“, Москва 1923. Издание общества взаимопомощи студентов 1 МГУ. Статьи „Под Знаменем Марксиза“, 1922—1924. См. настоящий сборник статьи III, XI, XII, XV.

[2]) Всеобщая теория обобщает это положение словами: „движущегося как угодно по отношению к А“.

все более сложные формы движения материи, как скажет последовательный материалист,—подчиняются тому же самому принципу, которому подчиняются простейшие случаи движения, изучаемые в классической механике. Но тут надо сделать оговорку, которую упускают всегда из вида. Необходимо, чтобы все, что находится в поезде или в каюте парохода, до воздуха включительно, двигалось вместе с поездом или пароходом. Вы уронили в вагоне лист газеты: он упал у ваших ног. Но представьте себе, что вы сидите не в закрытом вагоне, а на открытой платформе быстро несущегося поезда. Даже в самый тихий, безветренный день воздух, рассекаемый поездом, будет рвать из ваших рук газету, и если вы ее уроните, то она будет сметена этим ветром, и, во всяком случае, не упадет к вашим ногам, как это случится, если поезд будет стоять на станции. Ветер, ведь, получается только вследствие движения,—день предполагается безветренным!

Противоречит ли это обстоятельство принципу относительности Галилея—Ньютона, т.-е. I положению теории Эйнштейна? Нисколько! Ведь в этом случае явление с падающей газетой происходит не только в движущемся поезде, но и в воздухе, который только в незначительной своей части приводится в движение поездом; поэтому мы не можем сказать, что явление протекает целиком в системе движущейся во всех своих частях одинаково равномерно и прямолинейно по отношению к поверхности земли, т.-е. в движущемся поезде, а ведь это предполагается в положении I, правда, иногда при формулировке этого положения об этом обстоятельстве как будто забывают. Но так как оговорка насчет воздуха и ветра, развивающегося при движении поезда, может вызвать у человека, не утратившего способность мыслить физически, весьма и весьма грешные мысли—грешные с точки зрения правоверного релятивиста,—то Эйнштейн перед началом своих рассуждений о наблюдателях, частью сидящих в несущемся поезде, а частью стоящих вблизи полотна железной дороги, делает весьма хитрое замечание: „пусть воздух над ним (полотном железной дороги. *А. Т.*) удален“ (! *А. Т.*)—„Die Luft über demselben wollen wir uns weggepumpt denken“ [1]). Итак, против I положения с указанной оговоркой, от которой Эйнштейн искусно отводит мысли своих читателей, никто не возражает; не упоминает об этой оговорке ни тов. З. Цейтлин, ни тов. С. Ю. Семковский. Вообще это вошло в рутину и у „рево-

[1]) Einstein, Ueber die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie (gemeiverständlich), Sammlung Vieweg, p. 12, 1920.

люционных“ теорий, видно, создаются свои застарелые привычки и „косность мысли“! Факты неудобные просто отводятся: их не отрицают—это ведь невыгодно, так как факты вещь жестокоупрямая. Теперь переходим ко II положению, к „постулату“ или „принципу“ постоянства скорости света. Всякий свежий ум, не посвященный в тайны принципа относительности, с изумлением скажет: при чем тут постулат? [1]) Ведь скорость света измеряют на опыте и притом многими способами, к чему же тут что-то постулировать, когда можно попросту измерить скорость света, и конец! Даже у самих релятивистов на этот счет нет единодушия, по крайней мере, в самой формулировке: одни говорят—это постулат, другие говорят—это постулат, „обобщающий все известные в физике факты“, а иные и просто „постоянство скорости света доказано на опыте“. Я не буду приводить длинных цитат, из которых вытекает, что „постоянство скорости света“ будто бы доказано на опыте, ограничусь одной только выпиской из книги Эйнштейна „Основы теории относительности“ [2]): „Однако все опыты показали, что электромагнитные и оптические явления протекают по отношению к земле, как телу отсчета, так, что влияние движения земли не обнаруживается“ и немного далее на той же странице—„свет распространяется в пустоте с постоянной скоростью С“ („принцип постоянства скорости света“). Это утверждение является совершенно надежным“ (! *А. Т.*). Эта несогласованность в определениях, наблюдающаяся иногда даже у одного и того же автора, объясняется очень просто. Опытов, доказывающих постоянство скорости света, никто нигде и никогда не производил! Да, мои уважаемые противники, не пожимайте плечами! Ввиду того, что я этот тезис давно уже выдвинул (на заседаниях физического общества имени П. Н. Лебедева в 1916 г. и в печати, см. „Красная Новь“ № 2, 1921 г. и настоящий сборник—III), и ввиду того, что на него никто из моих противников не желает обращать внимания, придется его еще раз обсудить, тем более, что на него теперь обращено внимание и в специальной литературе [3]). Читатель готов уже выйти из терпения. Как же никаких опытов не было произведено? А опыт Майкельсона и Морлея. Ведь первые известия об удачном повторении

---

1) Постулат, или требование, есть предположение, которому нельзя привести доказательства, Propositio practica indemonstrabilis. Kirchner, Philosophisches Wörterbuch.

2) Книгоиздательство „Сеятель“, Петроград 1923 г., стр. 23.

3) См., напр., Raschewsky, „Zeitschrift für Physik“, 14 том, 1923 г.

опыта пришли только теперь! Дело заключается в следующем: если бы даже полученное из Америки известие оказалось ошибочным, то все-таки отрицательный результат этого опыта и целого ряда ему подобных не решает вопроса о влиянии движения земли на скорость света. Во всех этих опытах луч света, идущий по прибору в любом направлении, проходит этот путь дважды туда и назад, а при этом значительная часть влияния движения земли сама собой исключается, об этом как будто очень многие основательно забыли!

Рассмотрим простой пример: пусть галка летит вдоль полотна железной дороги, обгоняя медленнее ее идущий поезд. Ясно, что она будет лететь вдоль каждого вагона дольше, чем если бы она пролетела вдоль поезда, стоящего на станции. Ясно также, что если она летит навстречу движущемуся поезду, то она будет пролетать вдоль каждого вагона в более короткий срок. Проверить аналогичное явление с лучами света мы пока не имеем возможности. Пользуясь наглядным сравнением с галкой, мы можем в опыте Майкельсона сравнивать два промежутка времени: время, в течение которого галка пролетела вдоль всей длины вагона туда и назад, и время, в

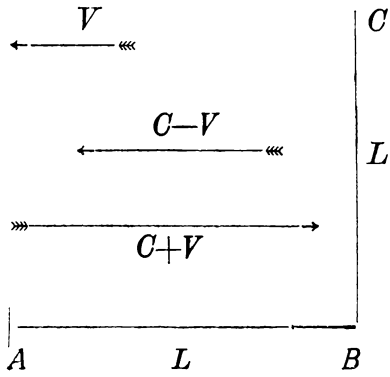


Рис. 1.

течение которого она от окна вагона отлетела в сторону на такое же расстояние, т.-е. на длину вагона под прямым углом к железнодорожному полотну и вернулась обратно к поезду. Но ясно, что в первом случае влияние перемещения поезда в значительной степени уже исключено, галка в одну сторону летит медленнее вдоль вагона, в обратном быстрее, чем при стоящем поезде, а в сумме получается промежуток, очень близкий к тому, который нужен галке, чтобы пролететь вдоль вагона взад и

вперед, когда поезд стоит на месте. Выясним все это на простых математических формулах, которыми обыкновенно пользуются для объяснения опыта Майкельсона. Луч света из B (см. рис. 1) проходит путь AB два раза, он отражается от зеркала в A и идет обратно в B. Если земля с прибором движется, как указано на чертеже стрелкой, а свет распространяется в эфире, который в этом движении не участвует, то свету, как галке в нашем примере, придется догонять зеркало A, он будет двигаться со скоростью $C-V$ относительно прибора AB, время, потребное ему для перехода из A в B будет $t_1=\frac{L}{C-V}$. В обратном направлении ему потребуется меньше времени: прибор AB движется ему навстречу $t_2=\frac{L}{C+V}$. Если бы мы могли измерять в отдельности t_1 и t_2, то вопрос был бы решен, но в том-то и дело, что в опытах Майкельсона мы сравниваем промежуток t_1+t_2 с промежутком t_3, который необходим свету, чтобы пройти путь CB туда и назад. Не останавливаясь на вычислениях, укажем, что $t_3=$ $=\frac{2L}{\sqrt{C^2-V^2}}$ или $\frac{2L}{C}\left[1+\frac{1}{2}\left(\frac{V}{C}\right)^2+\ldots\right]$, где мы отбросим члены, содержащие $\left(\frac{V}{C}\right)$ в степени выше второй. Далее, применяя правила алгебры (сумма членов бесконечно нисходящей прогрессии), мы имеем для t_1 и t_2 следующие выражения:

$$t_1=\frac{L}{C}\left[1-\left(\frac{V}{C}\right)+\left(\frac{V}{C}\right)^2+\ldots\right]$$

$$t_2=\frac{L}{C}\left[1+\left(\frac{V}{C}\right)+\left(\frac{V}{C}\right)^2+\ldots\right]$$

складывая t_1 и t_2, мы замечаем, что наиболее существенная часть влияния движения земли скрадывается, члены „первого порядка“ $\left(\frac{V}{C}\right)$ и $-\left(\frac{V}{C}\right)$ сами собой исключаются:

$$t_1+t_2=\frac{2L}{C}\left[1+\left(\frac{V}{C}\right)^2+\ldots\right]$$

Опыт Майкельсона позволяет определить разность между t_1+t_2 и t_3, т.-е. величину:

$t_1+t_2-t_3=\frac{2L}{C}\cdot\frac{1}{2}\left(\frac{V}{C}\right)^2$, т.-е. члены так называемого „второго“ порядка. Определим теперь относительную величину членов I и II порядка: скорость земли $V=30$ килом. в секунду и $C=$

$= 300000$ килом. в секунду $\left(\frac{V}{C}\right) = \frac{1}{10000}$ и $\left(\frac{V}{C}\right)^2 = \frac{1}{10000}$ от одной десятитысячной, т.-е. члены второго порядка в десять тысяч раз меньше членов первого. Таким образом опыт Майкельсона, если он даёт положительный результат, дает одну десятитысячную долю всего влияния движения земли! Заключать, что движение земли не отражается на величине скорости света только потому, что члены второго порядка не обнаружены (пусть даже Дейтон Миллер ошибся и опыт дает отрицательный результат) похоже на следующее легкомысленное заключение. Известно, что кто-нибудь мог получить 100 руб. и одну копейку, и вот некоему лицу поручено проверить это, после проверки мы узнаем следующее: я ручаюсь, говорит наш контролер, что одной копейки не было получено, об рублях я не думал и не проверял их, но раз копеек не было получено, значит и рублей также!

Положился бы финотдел на такого инспектора или нет?!

Известно, что Лоренц и Фиц-Джеральд объяснили опыт Майкельсона тем, что прибор укорачивается в направлении движения и как раз пропорционально отношению $\left(\frac{V}{C}\right)^2$. Таким образом насколько должен запаздывать луч света, настолько его путь укорачивается, стало быть, запаздывания не будет. Это вовсе не гипотеза, придуманная ad hoc, как это по установленной традиции принято говорить. Необходимость этого сокращения вытекает из основ электродинамики. Во всяком случае, если опыт Майкельсона дает отрицательный результат, то все-таки это не исключает влияния движения земли. Для решения вопроса надо определить время, потребное для луча света, чтобы пройти какой-либо путь в одну сторону, т.-е. требуется определить отдельно t_1 и t_2. В применении к звуку мы это делаем, со светом мы этого сейчас сделать не можем, так как не можем определять момент выхода и прихода светового сигнала с точностью до ста миллионных долей секунды—очень уж быстро движется свет. Но можно ли это считать принципиально невозможным? По Эйнштейну—да! Его постулат именно и прячется за эту практическую невозможность при теперешней технике осуществить измерение скорости света.

Раз мы приняли этот постулат, то, само собой, мы должны ожидать, что опыт Майкельсона не может дать положительного результата, раз движение земли в силу этого постулата не влияет на скорость света, но Эйнштейн, ведь, идет еще дальше: он свой постулат полагает в основу определения времени—сверки

часов. Действительно, как установить наблюдателям A и B, находящимся в двух пунктах на земном шаре, что у них часы идут согласно? Эйнштейн говорит: единственный способ—сверять часы с помощью световых сигналов, принимая при этом постулат постоянства скорости света. Пусть сигнал выпущен из A в момент t_0, в момент t^1 он прибыл в B и в тот же момент отразился от зеркала в B и к моменту t_1 прибыл в A. Принимая постулат постоянства скорости света, мы должны сказать, что свет шел туда и обратно совершенно одинаково и что промежуток времени $t^1-t_0=t_1-t^1$ время прохождения светом от A до B равно времени прохождения от B к A, независимо от того, движутся ли A и B вместе по отношению к чему-либо третьему, или нет. Из приведенного равенства имеем $t^1=\frac{t_0+t_1}{2}$. По Эйнштейну это единственный способ определять время, а потому это и есть настоящее время, так как существует только то, что я измеряю—так рассуждает Эйнштейн, по крайней мере. Можно ли с помощью таким образом установленных часов проверить, выполняется ли постулат Эйнштейна или нет? Ясно, что мы попали в порочный круг: часы устанавливаем на основе постулата, а с этими часами хотим проверять постулат! Но есть другой способ, на который указывает Рашевский и о котором мы уже вскользь говорили. Мы можем сверить стоящие в одном и том же месте C часы A и B, а потом отнести часы B в какое-либо место, отстоящее от C на некоторое расстояние, L, и произвести опыт измерения скорости света по одному направлению, т.-е. не заставляя луч света итти туда и обратно и предполагая, что точность отсчета времени выхода сигнала и его прихода какая угодно. Мы освобождаемся тогда от порочного круга и установки часов по Эйнштейну. Но нам могут возразить „релятивисты“: а почему вы знаете, что при переноске часов их ход не изменился? Как вы это докажете? Рашевский считает, что положение безвыходное и что мы никогда не в состоянии будем ни подтвердить, ни опровергнуть постулат Эйнштейна, что измерение скорости света в одном направлении задача принципиально неразрешимая. Я лично считаю, что это метафизика, что нельзя ставить границ искусству экспериментатора. Я только обращаю внимание на одно, не прав ли я, утверждая, что теория относительности пока что искусно забронирована от опыта, недоступна практической, опытной проверке, что, думается мне, должно наводить на серьезные размышления всякого марксиста. Ведь „критерий практики“ есть единственный критерий истины!

Что же пишут по этому поводу марксисты, пытающиеся примирить учение Эйнштейна с диалектическим материализмом? Тов. Семковский, обсуждая опыт Майкельсона, пишет: „Оказалось, что свет проходит в секунду все те же триста тысяч километров, как если бы земля вовсе и не двигалась в эфире“ (l. c., стр. 25). Мы только что видели, насколько обоснован этот вывод! Далее тов. Семковский утверждает: „точность опыта Майкельсона, основанного на интерференции световых волн, ни одним физиком не оспаривается“. Дейтон Миллер не только оспаривает, но на опыте получает противоположные результаты! Тов. З. Цейтлин идет еще дальше: „Опыт Майкельсона, повторенный несколько раз (1881, 1887, 1904, 1909), дал отрицательный ответ. Это великая победа механической картины мира и, следовательно, диалектического материализма, который полагает, что все явления природы—это движение материи“ („Под Знаменем Марксизма“, № 3, стр. 105). „Согласно принципу относительности механики, опыт Майкельсона не мог дать положительного результата, ибо все явления природы—это движение материи, т.-е. подчиняются законам механики. Если физики думали иначе, то они плохо думали“. Так, очень хорошо! А вот плохо думающие физики в 1921—1922 г.г. повторили опыт Майкельсона и получили—о, ужас!—положительный результат! Диалектически материализм сокрушен. Свет не есть движение материи и т. д. и т. д. А что еще занятнее—есть „плохо думающие“ физики, которые думают, что положительный результат опыта Майкельсона не опровергает принципа относительности Ньютона—Галилея, и есть марксисты, которые совсем не боятся за судьбу диалектического материализма! Но посмотрим прежде всего, в чем же состоят эти вновь открытые факты. Оказывается, что еще при повторении опыта Майкельсона в 1904 году на более возвышенном месте над уровнем моря, чем в опытах 1887 г., были замечены маленькие смещения интерференционных полос и как раз при таких положениях прибора, при каких, благодаря движению земли, их можно было ожидать; но только эти смещения были значительно меньше по абсолютной величине, чем те, которые ожидали по обычной теории опыта Майкельсона. Смещения лежали почти в пределах неизбежных ошибок опыта и потому Морли и Миллер о них ничего не сообщили. В 1921—1922 г.г. [1]) Дейтон-Миллер, сотрудник Морли, повторил опыт на высоте 1.800 метров над уровнем моря. Полосы интерференции смещались уже значительно больше,

---

[1]) Dayton-Miller, Phys. Rev., 19, p. 407—408, 1922.

но все-таки это смещение достигает $^1/_{10}$ того смещения, которое ожидалось по элементарной теории опыта Майкельсона. Тем не менее, смещение значительно больше, чем ошибки опыта, и, главное, оно наблюдается при положениях прибора, при которых движение земли и должно было вызвать эти смещения! Кроме того, обнаружилось еще одно побочное явление—небольшое смещение полос интерференции, повторяющееся при повороте прибора на 360°. Это смещение Дейтону-Миллеру удалось изолировать от эффекта движения земли, но он еще не нашел причины этого побочного смещения. Из предосторожности он опубликовал предварительное сообщение с оговоркой, что пока он не выяснит причин этого побочного явления, он воздерживается от каких бы то ни было выводов. Какой приятный контраст представляет эта осторожность и добросовестность неутомимого экспериментатора с теми поспешными провозглашениями побед принципа относительности, которые через несколько месяцев оказываются мнимыми!

Физики не эйнштейньянцы, а их гораздо больше, чем обыкновенно думают, потому что большинство в печати и на собраниях не выступают против Эйнштейна по причинам житейски вполне понятным [1],—объясняют этот факт следующим образом. Одни (Ленар, фон-Глейх) полагают, что эфир частью увлекается движением земли, но чем выше мы поднимаемся над уровнем моря, тем это увлечение меньше. Другие, к ним принадлежит и пишущий эти строки, полагают, что причиной, препятствующей положительному результату опыта Майкельсона, является воздух. Проф. Эйхенвальд несколько лет назад начал готовиться к повторению опыта Майкельсона в безвоздушном пространстве: опыт очень сложен и труден и до конца ему не удалось его довести; он ожидал, что, устранив в значительной степени воздух, увлекаемый землей и влияющий на скорость света, можно будет получить полное смещение полос интерференции в приборе Майкельсона. Опыт Дейтон-Миллера находится в полном согласии с этим предположением. На высоте 1.800 метров воздух более

---

[1]) „Герке борьба против теории относительности дорога обошлась; несмотря на его многочисленные исключительного значения экспериментальные исследования, факультеты не предлагают ему ординатуры“ (не утверждают ординарным профессором) („Die gegenwärtige Krisis in der deutschen Physik“, Prof. I. Stark., S. 12, 1922). Другой противник, проф. Мохоровичич, в печати заявляет о получении им угрожающих анонимных писем, в ответ на его критику теории Эйнштейна. Мохоровичича сам Эйнштейн считает наиболее сильным своим противником. Mohorovicic, Die Einsteinsche Relativätstheorie, Leipzig 1923, p. 53.

разреженный, чем на уровне моря, оттого и должно было получиться частичное смещение полос интерференции. Во всяком случае вопрос вступил в новую фазу—теперь уже ни Эйнштейн, ни кто другой не запугают тем, что „опыт принципиально не может дать положительного результата". Вера в догматы теории Эйнштейна подорвана. Надо ожидать поэтому большого оживления в экспериментальных исследованиях, посвященных доказательству движения земли относительно эфира, почти совсем прекратившихся, так как с точки зрения Эйнштейновой теории это все равно, что искать „перпетуум мобиле". Таким образом в этом отношении „революционная" теория, несомненно, способствовала попятному движению в науке.

Но опровергает ли положительный результат опыта Майкельсона—принцип относительности Галилея—Ньютона и с ним вместе диалектический материализм, как полагает тов. Цейтлин?—Нисколько! Движение земли, которое мы этим путем определим, будет не „абсолютным", но всего только „относительным" по отношению к эфиру! Это так же мало опровергает принцип относительности Галилея—Ньютона, как и ветер, наблюдаемый пассажиром, едущим в поезде в безветренный день, о чем мы уже говорили.

Первое положение Эйнштейна остается, второе—падает. Мне совершенно непонятно, почему тов. Цейтлин, также отвергающий постулат постоянства скорости света и называющий его „великим эмпирическим софизмом Эйнштейна", не видит, что первое положение нисколько не нарушено, если эфир не принимает участия в движении земли. Тогда по отношению к нему можно определить относительное движение земли, так же как и движение поезда по отношению к воздуху над лесом и полем, мимо которых мы едем.

Но как же быть с Лоренцовым сокращением, которое вытекает из электродинамики и которое пропорционально отношению $\left(\frac{V}{C}\right)^2$, так же как и ожидавшееся и не наблюденное в свое время Майкельсоном запаздывание луча света?

Дело в том, что еще требует доказательства, одинаковы ли коэфициенты, стоящие при $\left(\frac{V}{C}\right)^2$ в том и в другом случае: только тогда получится компенсация. Одного доказательства, что сокращение пропорционально $\left(\frac{V}{C}\right)^2$, еще недостаточно; возможно, что сокращение хотя и пропорциональное $\left(\frac{V}{C}\right)^2$ не в точности ком-

пенсирует запаздывание—раз коэффициент при этих членах в обоих случаях не одинаков. Может быть, поэтому и не получается то смещение в опыте Дейтона-Миллера, какое мы могли бы ожидать по элементарной теории. Словом, мы имеем целый ряд вполне понятных физически предположений, и перед нами длинная и интересная работа. А с легкой руки Эйнштейна опыт Майкельсона уже был как будто сдан в архив!

Но отчего же тов. Цейтлин запутался? Оттого, что ему хочется показать, что вся наука и весь диалектический материализм целиком растворяются в философии и физике Декарта. Ему хочется показать, что Декарт дал полный план развития всей науки на вечные времена вперед. Я продолжаю все-таки думать, что наши познанья в области наук о природе неизмеримо расширились со времен Декарта и что, в конце концов, живая практика, в которую включается, само собой разумеется, вся деятельность физиков экспериментаторов, есть высший и единственный судья. Продолжаю думать, что эта точка зрения не расходится с марксизмом.

Теперь переходим к вопросу об эфире.

Обыкновенно излагающие специальный принцип Эйнштейна [1]) преподносят отрицание эфира, как несколько неожиданный вывод, являющийся математическим следствием теории, и не замечают, что отрицание эфира уже предрешено одновременным принятием первых двух положений Эйнштейна, о которых у нас идет речь. Волны света и радиотелеграфа движутся в эфире, говорит физик,—не допускающий возможности существования волн без существования того, что волнуется. Скорость света одинакова как в системе A, так и в системе B, движущейся равномерно и прямолинейно по отношению к A,—говорит Энштейн. Если скорость света и в A и в B одинакова, значит эфир или покоится по отношению к A и по отношению к B, или движется одинаковым образом как по отношению к A, так и по отношению к B. Но как это может быть, когда B движется по отношению к A? Получается следующая картина: я сижу на скамейке вагона и не двигаюсь, поезд идет полным ходом в Ленинград, но я все-таки неподвижен по отношению к платформе Московской станции! Здравый смысл не мирится с этим противоречием, и вот Эйнштейн до 1920 г. следовал здравому смыслу; несмотря на то, что т. Семковский очень

---

[1]) Эйнштейн, как известно, отрицал эфир до 1920 года. О том новом эфире, который Эйнштейн вводит в свою теорию, у нас речь будет впереди.

не долюбливает этот самый здравый смысл! Какой в самом деле выход? Прежде всего, не существует таких пассажиров, которые одновременно сидят в мчащемся поезде, и на станции! Посмотрим, что говорит по этому поводу сам Эйнштейн: „пусть *K* будет некоторая координатная система, по отношению к которой эфир Лоренца находится в покое, тогда по отношению к *K* уравнения Максвелла-Лоренца будут справедливы прежде всего. Но на основании специальной теории относительности те же самые уравнения в совершенно неизменном виде будут справедливы и относительно всякой новой координатной системы *K'*, движущейся равномерно и прямолинейно относительно системы *K*. Теперь невольно возникает вопрос, почему я должен приписать системе *K*, в отличие от физически совершенно подобной ей системе *K'*, то свойство, что эфир относительно нее неподвижен? Такая ассиметрия теоретического построения, совершенно не опирающаяся ни на какую ассиметрию опытных данных (вспомним постулат о скорости света! *А. Т.*), недопустима для теоретика“... „Ближайшей точкой зрения, на которую можно встать в этом вопросе, является такая—эфир вообще не существует [1]). Электромагнитные поля не суть состояния некоторой среды, а самостоятельно существующие реальности...“ (Эйнштейн, Эфир и принцип относительности, Научное книгоиздательство, Петроград 1922, стр. 14 и 15). Эта точка зрения среди релятивистов была господствующей до 1920 года, ее излагает Эйнштейн в приведенном нами отрывке его речи, прочтенной 5 мая 1920 г. Но в ней же он устанавливает и новую точку зрения. Приведем его собственные слова: „между тем, ближайшее рассмотрение показывает, что специальная теория относительности не требует безусловного отрицания эфира. Можно принять существование эфира, не следует только заботиться о том, чтобы приписывать ему определенное состояние движения, иначе говоря—нужно путем абстрагирования отнять от него последний признак, который ему еще оставил Лоренц“ (стр. 16, там же). Окончательный вывод Эйнштейна еще более определенен. „Гипотеза существования эфира не противоречит специальной теории относительности. Нужно только остерегаться приписывать эфиру состояние движения“. Но известно—аппетит приходит с едой. Эйнштейн уже не ограничивается одним эфиром: „Обобщая, мы можем сказать, мыслимо расширяя понятие физического

---

[1]) Читатель видит, что ход мысли Эйнштейна вполне совпадает по смыслу с приведенным мной примером о пассажирах, одновременно сидящих на станции и в несущемся поезде.

предмета, представить себе такие предметы, к которым нельзя применить понятия движения. Их нельзя мыслить (! *А. Т.*) состоящими из частей, поддающихся исследованию во времени". Теперь посмотрим, какой из этого делает вывод тов. Семковский. „Нет ни абсолютного неподвижного эфира, ни тел, которые находились бы в абсолютном покое" (!!! *А. Т.*), а дальше, чтобы показать, что все это находится в полном согласии с диалектическим материализмом, приводится известная выдержка из Энгельса о том, что „неподвижное состояние материи оказывается одним из самых пустых и нелепых представлений, чистым горячечным бредом".

Достигает своей цели тов. Семковский весьма простым и грубым приемом, он приводит только ту часть мысли Эйнштейна, в которой говорится, что „все изменение, которое произвела теория относительности в понятии об эфире, состояло в отнятии у эфира и этого последнего его механического свойства—неподвижности" и ни одним словом не упоминает о том, что к эфиру нельзя применять понятия движения и что его нельзя мыслить состоящим из частей, которые можно исследовать во времени. Действительно, если читатель не заглянет сам в брошюру Эйнштейна, то он будет уверен, что все обстоит благополучно и что теория Эйнштейна удалила из естествознания последние остатки „горячечного бреда"; о том же, что она вводит еще худший горячечный бред — понятие о физическом теле, к которому нельзя даже применять понятие движения — читатель, полагающийся на тов. Семковского, так и не узнает и будет пребывать в блаженном неведении, а, ведь, известно: „тьмы низких истин нам дороже нас возвышающий обман". С каких только пор этот принцип стал марксистским? Вот до чего доводит безумная любовь к модной теории и неудержимое желание „соединить" теорию относительности с диалектическим материализмом. Невольно вспоминаются слова из старинной трагедии Озерова: „О должность! О любовь!".

Тов. Семковский подтверждает свое „толкование" принципа относительности, согласное с диалектическим материализмом ссылкой на слова Эйнштейна, написанные им еще в 1905 году по поводу теории Лоренца: „понятию абсолютного покоя не соответствуют никакие свойства явлений". Другими словами, добавляет тов. Семковский, „понятие абсолютного покоя лишено всякого реально-физического смысла, или, что то же самое, абсолютного покоя нет. Нет ни абсолютно неподвижного эфира, ни тел, которые находились бы в абсолютном покое".

Легковерный тов. Семковский на-слово поверил Эйнштейну и

всем его популяризаторам, а также философам, утверждающим, что теория Лоренца есть теория абсолютно неподвижного эфира. Когда вообще серьезные люди и всерьез высказывают эту „истину“, то физику трудно удержаться от улыбки. Что, в самом деле, дают факты, на которых построена теория Лоренца? Опыты показывают, что движущиеся тела, например, вращающиеся диски, в знаменитых опытах проф. Эйхенвальда, сделанных в Москве, в 1901 году, не вызывают движения эфира во всей его массе. Новейшие исследования показывают, что атомы, из которых построено вещество, представляют собой подобие планетных систем, масштаб которых следующий. Если мы ядро атома представим в виде горошины, то внутреннее кольцо электронов будет иметь радиус около 10 метров, а наружное будет величиною с трамвайное кольцо Б в Москве! Так как электронов в атоме — даже в самом тяжелом—несколько десятков и так как электроны при выбранном масштабе имеют размер также с горошину, то для нас ясно, что распределенные на такой большой территории несколько десятков горошин не смогут поднять сильного ветра, если бы даже эти горошины и летели с громадной скоростью. Конечно, в непосредственном соседстве с горошиной окружающая ее среда будет приведена в движение, но это будут области немного больше горошины. А, ведь, размеры атома в данном масштабе — это размеры трамвайного кольца Б! Таким образом по этой схеме ничтожная часть среды, окружающая отдельный атом, будет приведена в движение. Вот как физики, опирающиеся на факты, разрешают противоречия: тело движется в эфире и его не увлекает! Вот, почему, если я махаю рукой, в которую вставлено перо, которым я пишу эту статью, то громадная часть эфира, заполняющая эту ручку и перо, не придет в движение. Утверждать, что если я, махая карандашом, не могу привести в движение эфира, значит он абсолютно неподвижен, по моему мнению, похоже на приступ мании величия. Но посмотрим, что писал сам Лоренц еще в 1895 году, когда Эйнштейновой теории еще не было. „Что об абсолютном покое эфира не может быть и речи, само собой понятно: это выражение не имело бы даже смысла. Если я для краткости говорю, что эфир покоится, то это значит, что одна часть этой среды не смещается по отношению к другой, и что все наблюдаемые движения небесных тел являются относительным движением по отношению к эфиру“ [1]). Утверждать, что эфир Лоренца абсолютно неподвижен,

[1]) У меня не было под руками статьи Лоренца; цитирую из статьи E. Wiechert'a в „Annalen d. Physik“, 63, 1920, p. 372.

просто смешно, и если это делает такой гениальный математик, как Эйнштейн, то, видно, „на всякого мудреца довольно простоты“!

Новый Эйнштейновский эфир, который и стоять не стоит, и двигаться не двигается, к которому неприложимо самое понятие „движения“, очень нравится тов. Цейтлину. „Тов. Тимирязев,— пишет он, — очень удивляется эфиру Эйнштейна, в котором нет частей и к которому неприложимо понятие движения“. „Но почему не удивляется он эфиру Лоренца? Эфир Эйнштейна мало чем отличается от эфира Лоренца (! *А. Т.*) и более того, о такого рода эфире усиленно рассуждали древние физики и все великие ученые и философы нового времени (Декарт, Спиноза, Ньютон, Лейбниц, Эйлер, Кант и др.)“. Почему я удивляюсь? А вот почему: эфир Лоренца—реальная среда, переносящая волны лучистой энергии. Я не могу сообщить ей поступательного движения во всей ее массе, двигая какое-либо тело, и я понимаю почему. Электроны и ядра атомов, как мы только что видели, занимают ничтожную, малую часть той области пространства, в которой помещается „атом“. Поэтому самая плотная материя, например, платина, с этой точки зрения, очень редкое решето, сквозь которое легко проходит эфир, увлекаясь движением атома только вблизи его ядра и электронов. Я вполне согласен с Лоренцом, Дж.-Дж. Томсоном, другими физиками и философами, в том числе и с тов. Цейтлиным, что можно и должно рассматривать „атомы как местные модификации эфира“. Но я не могу понять одного, как тов. Цейтлин не видит, что во всем этом немаловажную роль играет „понятие движения“, которое неприменимо к эфиру Эйнштейна, и как можно говорить, что эфир Эйнштейна мало чем отличается от эфира Лоренца?

Тов. Цейтлин пишет: „Эфир Лоренца—это Евклидово пространство, как физическое тело, единственное свойство которого—это протяженность и движение“. Опять движение! Да, ведь, Эйнштейн, кажется, недвусмысленно запретил вам применять к эфиру понятие движения! Но здесь мы видим опять разгадку всей путаницы. Опять надо доказать, что все, над чем ломает голову современная физика, было уже разрешено Декартом. Декарт считал, что пространство и первичная материя—это одно и то же. От этого тов. Цейтлин путается: когда он говорит об этом пространстве как веществе, он говорит и о движении; когда же на первом плане пространственные соотношения—он говорит о неподвижности. Вот образец рассуждений тов. Цейтлина: он пользуется терминологией Декарта и отождествляет эфир с первичной мате-

рией Декарта (prima materia), ее модификацию, т.-е. электроны и атомы материи он называет вторичной (materia secunda). Но в чем отличие первой материи от второй? „В том, что первая материя—это та абстрактная „материя, как философская категория“ (это эфир, передающий волны света и радиотелеграфа—абстракция, не так ли?! *А. Т.*), из которой помощью движения образуется конкретная материя. Я говорю „абстрактная“, ибо нет материи, которая была бы лишена движения“. Значит, эфир лишен движения или это недомолвка? Увы, нет! На стр. 98 читаем: „Вообразим, что у нас имеется некоторое количество первой материи, т.-е. материи, лишенной всякого движения“ (!!! *А. Т.*). Поистине, возражения Энгельса Дюрингу не устарели!

Это стремление уложить всю физику, всю современную науку в рамки Декартовой физики заставляют тов. Цейтлина, хорошо знакомого с физикой, искажать ее выводы. Вот еще очень наглядный пример: „Что такое волна? (стр. 99). Это „двигательный модус“ газа, жидкости или твердого тела. Общеизвестно, что при волнообразном движении среда „неподвижна“, а распространяется движение“. Тысячу раз нет, тов. Цейтлин! Все частицы среды при распространении волны находятся в движении, и порой довольно-таки сложном! Из того, что частицы среды топчутся на месте, а не переносятся вместе с волной на большие расстояния, вовсе не следует, что среда неподвижна: именно из их движений и слагается движение волны.

Итак, рассмотрим схематически, как весьма близкая к „горячечному бреду“ Дюринга среда или физические предметы, к которым неприменимо самое понятие движения, примиряются с диалектическим материализмом, подтверждая истину: весь мир есть материя, находящаяся в движении.

Метод № 1, тов. Семковского.

Надо прежде всего скрыть, что Эйнштейн не допускает самого понятия движения по отношению к эфиру, электромагнитному полю и т. д. Надо особенно подчеркивать, что эфир не может покоиться, сделать отсюда вывод, что нет ничего абсолютно неподвижного и кричать: ура! диалектический материализм торжествует,—по теории Эйнштейна все течет, все движется!—даже эфир, к которому неприложимо понятие движения!

Метод № 2, тов. Цейтлина.

Эйнштейн правильно делает, что лишает подвижности эфир, так как эфир—это „первая материя“ Декарта, это—пространство,

как физическое тело, это — абстрактная материя, материя, как философская категория, лишенная движения. Итак, ура! Все течет, все движется! Грешный человек: не убеждают меня эти доказательства! Плохо все-таки вяжется с диалектическим материализмом забронированная от физического опыта умозрительная теория Эйнштейна, издающая для природы декреты, к сведению и к исполнению, запрещающая „применять самое понятие движения“ к целым категориям предметов, и запрещающая мыслить предметы состоящими из частей.

Переходим теперь к другой группе вопросов.

II.

В первой части нашей статьи [1]) мы рассмотрели основные положения специальной теории относительности Эйнштейна и выяснили, что второе положение, называемое принципом или постулатом постоянства скорости света, физически обосновано только тем, что у нас нет до сих пор опытов, которые могли бы его подтвердить или опровергнуть. Поэтому мы считали и считаем себя в праве говорить, что вся специальная теория Эйнштейна, пока мы еще не имеем окончательного подтверждения опыта Дейтон-Миллера, забронирована от опытной проверки или опровержения. Если опыт Дейтон-Миллера подтвердится, то, по мнению пишущего эти строки, всю специальную теорию придется отвергнуть.

Но попробуем стать на точку зрения доверчивого человека: раз опытная физика пока еще не подтверждает, но и не запрещает поступать согласно постулату постоянства скорости света, отчего же не согласиться и не принять предлагаемые Эйнштейном положения? Тогда для всякого ясно, что мы обязаны принять и вытекающие из них математические следствия, если, конечно, эти следствия выведены безупречно, а в этом, кажется, никто не сомневается, поскольку речь идет о специальном принципе. Как известно, мы в качестве следствия получаем т. н. преобразования Лоренца-Эйнштейна, позволяющие переходить от одной системы координат к любой другой системе, движущейся относительно данной равномерно и прямолинейно. Приводим эти хорошо теперь известные формулы преобразования:

---

1) „Под Знаменем Марксизма“, № 8—9.

$$\left.\begin{aligned} x' &= \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \end{aligned}\right\} (A) \qquad \left.\begin{aligned} x &= \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \\ y &= y' \\ z &= z' \\ t &= \frac{t' + \frac{v}{c^2}x'}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \end{aligned}\right\} (A')$$

Здесь x, y, z и t означают координаты и время для первой системы, а x', y', z' и t' координаты и время для второй системы, движущейся по отношению к первой со скоростью v параллельно оси x. Как измеряются величины x, y, z, x', y', z', t и t'? У каждого наблюдателя и в той, и в другой системе имеются масштабы и часы; x, y, z представляют собой результаты измерений покоющимся масштабом, покоющимся по отношению к первой системе координат k, точно так же как x', y', z' измерены наблюдателем неподвижным относительно второй системы k', t и t' представляют показания часов в той и другой системе. Часы, находящиеся как в первой, так и во второй системе, сверяются с помощью световых сигналов в предположении, что скорость света по всем направлениям и во всех системах одинакова (второе основное положение специальной теории Эйнштейна). Это, по Эйнштейну, есть единственно физически приемлемое определение времени и пространственных отношений. Нельзя спрашивать, какая из систем x, y, z, t или x', y', z', t' дает верные результаты, какая из них дает истинное время. По Эйнштейну каждой системе соответствует свое время и свои пространственные отношения. Эта точка зрения Эйнштейна всего яснее выражена им в его популярной книге на стр. 6—7. Там речь идет о том, как пассажир, стоящий у окна равномерно идущего поезда, роняет камень на полотно, не давая ему боковых толчков. Если пассажир будет следить за падением камня, то ему будет казаться, что камень падает по вертикальной прямой. Для стоящих же на полотне траектория камня будет парабола. „На этом примере ясно видно,— говорит Эйнштейн,— что не существует траектории „в себе“ (an sich) (а стало быть, и движения an sich по этой траектории, добавим мы от себя. *А. Т.*), но только траектория по отношению к определенному телу отсчета“. Рассмотрим далее

одно из следствий формул Лоренца-Эйнштейна. Пусть наблюдатель в системе k' приложил начало своего масштаба, длину которого он считает равной единице, к точке $x'=0$, тогда конец его масштаба попадает в точку $x'=1$. Какова же будет длина его масштаба с точки зрения наблюдателя в системе k? Наблюдатель k должен в своей системе положить линейку и подождать такого момента по своим часам, когда начало его линейки в системе k совпадет с началом проносящейся мимо линейки k', в этот же момент (по часам в системе k) надо отметить, против какого деления линейки k придется конец линейки k'. По первой из формул (A), полагая, что измерение происходит в момент $t=0$ по часам k мы имеем:

$$0=\frac{x_0 \text{ (начало линейки } k' \text{ по отношению к системе } k)}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}},$$

т.-е.

$$x_0=0$$

$$1=\frac{x_1 \text{ (конец линейки } k' \text{ с точки зрения системы } k)}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}},$$

т.-е.

$$x_1=\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2};$$

таким образом для наблюдателя k линейка у k' благодаря его движению со скоростью v по отношению к k стала короче 1, так как

$$\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

меньше единицы. Но возьмем теперь линейку, равную единице в системе k, и посмотрим на нее с точки зрения наблюдателя k', дождемся, когда начало координат k' совпадет с началом координат k, где лежит начало линейки наблюдателя k; тогда конец линейки k в момент $t'=0$ будет находиться против деления x' линейки k', определяемой из 1-го уравнения группы A':

$$x'=\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2},$$

т.-е. с точки зрения наблюдателя k' масштаб у k короче, а с точки зрения наблюдателя k, как мы только что видели, масштаб у k' короче 1. Таким образом эти два масштаба отличаются тем

что первый короче второго с точки зрения второго наблюдателя и одновременно второй короче первого с точки зрения первого наблюдателя. То же самое происходит и с часами. Если в системе k' часы отбили секунду то с точки зрения наблюдателя в системе k по его часам протекло больше времени. В движущейся по отношению к нам системе часы идут медленнее, но с точки зрения наблюдателя, движущегося вместе с этой системой, наоборот, наши часы идут медленнее. Можно ли все это проверить? При современном состоянии нашей техники мы должны сказать решительно — нет. При самых больших скоростях, осуществляемых на нашей планете,

$$\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

ничтожно мало отличается от единицы, поэтому мы и здесь вполне надежно „застрахованы от проверки". Но, как бы то ни было, раз основные положения приняты,— а мы временно условились принять их,— от выводов отказываться не приходится. Эйнштейн, приведя только что изложенные нами следствия, определенно говорит: „Это все соответствует смыслу принципа относительности, который лежит в основе наших рассуждений". Действительно, если наблюдатель k видит, что все масштабы у k сократились, и его часы пошли медленнее, а в то же время наблюдатель k' не видел бы того же самого у наблюдателя k, тогда бы, ведь, системы k и k' не были бы равноправны, какая-либо из них оказалась бы привилегированной, и можно было бы узнать кто „на самом деле" двигается: k или k'. Но, ведь, это-то именно и отрицается основными положениями Эйнштейна. Словом, если бы эти удивительные следствия не получались, теория относительности заключала бы в себе внутреннее противоречие.

Несмотря на свою пламенную любовь к Эйнштейну, т. Семковский не может, однако, примириться с этими выводами. Он указывает на различие между теорией Лоренца и теорией Эйнштейна. У Лоренца, который принимает существование эфира (т. Семковский, с легкой руки философов, неизменно повторяет что у Лоренца эфир абсолютно неподвижен; но об этом у нас была уже речь), сокращение получается реальное: тела, движущиеся по отношению к эфиру, сокращаются. Но для движущегося по отношению к эфиру наблюдателя — тела, покоящиеся по отношению к эфиру, не сокращаются,— в этом, конечно т. Семковский прав. Но дальше он определенно высказывает сомнение в том, реально ли сокращение в теории Эйнштейна

„Но у Эйнштейна, где сокращение носит двусторонний характер, речь, очевидно (!! *А. Т.*), должна итти не о реальном сокращении. а о каком-то ином (!!! *А Т.*), ибо немыслимо, чтобы *А* реально сокращалось в отношении *В*, и в то же самое время *В* реально сократилось в отношении *А*, или чтобы часы *А* реально замедлились в отношении к часам *В*, в то же самое время, как часы *В* реально замедлились в отношении к часам *А*". Почему немыслимо? Это противоречит здравому смыслу — не так ли? Коварная, в самом деле, штука этот здравый смысл. На стр. 13 т. Семковский совершенно недвусмысленно говорит: „При суждении о теории относительности многие попросту апеллируют к так называемому „здравому смыслу", который, конечно, является весьма почтенным спутником в житейских делах, но, когда речь идет о революции в науке, легко заводит в болото исстари установившихся взглядов и представлений". Но это надо было т. Семковскому только для того, чтобы посрамить и унизить противников Эйнштейна, но известно: „над чем посмеешься, над тем и поплачешь". Не будем, однако, отвлекаться и посмотрим, что т. Семковский сам пишет, желая доказать, что эйнштейновское сокращение и растяжение пространства и времени не могут быть реальными, так как это противоречит здравому смыслу. „Представьте себе,— говорит он,— что я движусь равномерно, прямолинейно по отношению к вам, и, стало быть, вы по отношению ко мне, со скоростью, приближающейся к скорости света. С точки зрения теории относительности вы в праве заявить мне: я неподвижен, а вы движетесь со скоростью, приближающейся к скорости света,— извольте поэтому по формуле Лоренца сплющиться в лепешку. Но я, с своей стороны, могу с полным правом предъявить вам встречный иск, заявив: нет, неподвижен я, а движетесь вы по отношению ко мне,— извольте вы сплющиться в лепешку. Кто же из нас должен сплющиться по отношению к другому, и у кого часы должны замедлиться по отношению к часам другого? Выхода тут нет, поскольку речь идет, в пределах специального принципа относительности, о двух вполне равноценных, так сказать, симметрических системах, из которых каждая с равным правом может считать именно себя неподвижной. Выхода нет, если иметь здесь (мы говорим о специальном принципе относительности) в виду реальное сокращение и реальное замедление времени". Это ли не апелляция к здравому смыслу? Зачем же вы, т. Семковский, над бедным здравым смыслом так глумились? Как материалист, я вполне с вами согласен с тем, что „выхода нет", и потому именно я и не согласен с теорией Эйн-

штейна, но как можно приводить подобные аргументы и уверять всех, что вы сторонник теории относительности,— этого я понять не могу, да и едва ли кто вообще на свете это сможет понять. Ведь все эти сокращения измерены масштабами и часами — это по Эйнштейну единственный способ определять время и пространственные соотношения, и вот этот единственный способ измерять пространство и время, оказывается, дает нам не истину с тем или другим приближением, т.-е. то, что есть „на самом деле", а что-то нереальное! Для более наглядного объяснения тов. Семковский приводит совсем неудачный пример человека, удаляющегося от нас: мы для него и он для нас становится меньше, но, ведь, сокращение по Эйнштейну ничего общего с перспективой не имеет; системы k и k' могут в момент, когда наблюдатели пролетают друг мимо друга, находиться буквально в двух шагах друг от друга. Но пусть пример и неудачен, это не так важно, важно замечание т. Семковского по этому поводу, разрушающее всю специальную теорию Эйнштейна или... устанавливающее знак равенства между нашей наукой и философией Канта.

Вот эти поистине знаменательные слова:

„В действительности, конечно, ни я an sich, сам в себе, не сократился, ни вы an sich, сами в себе, не сократились; но я сократился для вас, а вы сократились для меня. И оба мы сократились лишь перспективно друг для друга, но не реально в себе" (! *А. Т.*). Что же это значит? Это значит одно из двух. Или определение времени и метод измерения пространства у Эйнштейна никуда не годятся: они дают нам „кажущиеся" величины, или, по выражению т. Семковского, „перспективные"; тогда, значит,— если мы остаемся материалистами и считаем, что мы мир познавать можем как следует, а не „перспективно", то, значит, существует „настоящее время и настоящее пространство", пространство и время в себе (an sich), которые мы так или иначе научимся, а может быть и научились уже, измерять не „перспективно". Тогда все хитросплетения Эйнштейна разлетаются в пух и прах, и мы возвращаемся к пространству и времени „an sich", к взглядам Ньютона. Но можно найти и другой выход. Эйнштейн доказал нам, что наши измерения не реальны и время, определяемое нашими часами, тоже „перспективное". Время же и пространство „an sich" принципиально нам недоступно, реальные масштабы и часы нам неизвестны и принципиально непознаваемы. Но, ведь, тогда эти масштабы и часы — „непознаваемая" вещь в себе, которая, как, по крайней мере, я

слыхал, не укладывается в теорию познания диалектического материализма! Конечно, это не учение Канта о формах нашего созерцания, потому что у Эйнштейна это показания часов и масштабов, но зато часы эти и масштабы и все вообще вещи, как нечто реальное „an sich", нам принципиально недоступны,— все это непознаваемые вещи в себе, а это уже философия Канта!

Дальнейшие рассуждения т. Семковского показывают, однако, что первый выход ему больше нравится. Вот что он пишет: „Зараженный философским идеализмом и скептицизмом релятивист возразит, без сомнения: но позвольте, где же разница между реальным и перспективным? Ведь, если я вижу этот стол в перспективе, то это тоже реальность. И почему я должен из бесконечного ряда наблюдаемых и возможных перспективных величин выделить одну, как „реальную"?

На это надо ответить, что разницу между реальным и перспективным сокращением может непосредственно постичь даже самый отчаянный скептик. Если такого скептика положить, например, под паровой молот, который его сплющит в лепешку, то он без лишних слов моментально поймет, что речь идет именно о „реальном сокращении". Приветствую ваш здоровый материализм, т. Семковский, и вполне с вами согласен. Но что означает приведенная мною сейчас ваша мысль? Вот что она значит: хитросплетения Эйнштейна насчет различных координатных осей и часов — это одно дело, а тот реальный действительный мир, который изучают не только физики и химики, но и кузнецы и молотобойцы,— совсем другое дело. Пусть там, на бумаге, испещренной формулами, выходит, что кто-то где-то сокращается, или у кого-то часы пошли медленнее: все это мне только кажется, благодаря какой-то перспективе. А, ведь, должен же быть способ узнать, как на самом деле кто-нибудь или что-нибудь сократился, или какие часы отстают и какие нет. Пусть существует великолепный принцип Эйнштейна, но существует же и настоящая наука!

Я всегда говорил приблизительно то же самое, но в несколько иных выражениях: я говорил и даже очень подробно в настоящей статье, что принцип постоянства скорости света не доказан, что вытекающие отсюда сокращения длин и изменения хода часов никем, нигде и никогда не наблюдались. При обычных наших земных скоростях все эти изменения лежат далеко за пределами доступного нашей современной экспериментальной технике, а при больших скоростях, когда эти явления становятся ощутимыми, условия наблюдения невозможны, если даже мы и могли бы

осуществить такие скорости. Попробуйте-ка убедиться — мой ли метр короче или короче тот метр, который в руках у пассажира, пролетающего мимо меня со скоростью 200.000 километров в секунду? Отсюда единственный вывод: теория очень искусно забронирована от опыта и, следовательно, от единственного критерия марксистской теории познания критерия практики. Теперь еще два слова о здравом смысле.

Я чувствую, что должен решительно защитить эйнштейнову теорию от т. Семковского. Ведь, если принять постулаты Эйн-

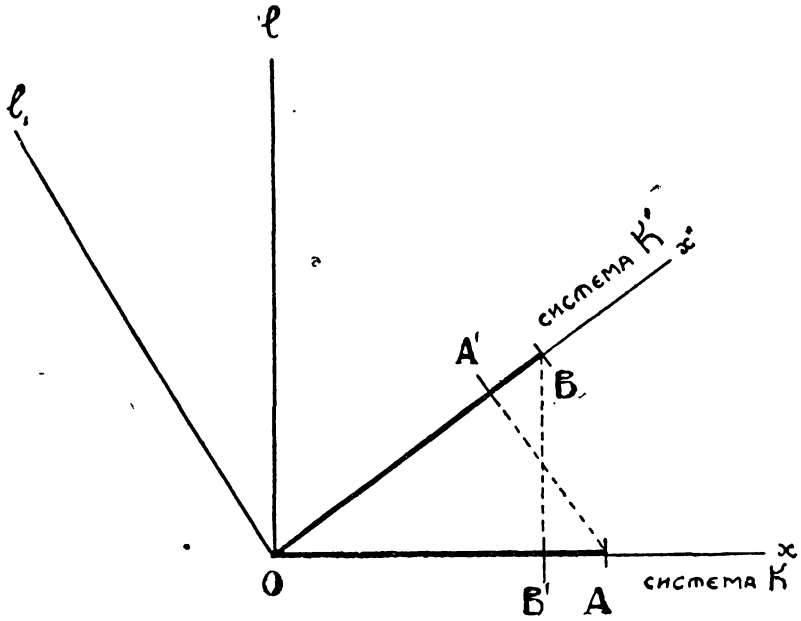


Рис. 2.

штейна, то эти взаимные сокращения мы обязаны принять, нравятся они нам или нет, и подымать шум, как это делает т. Семковский, совсем излишне: „снявши голову по волосам не плачут". Так ли абсурдно утверждение, что метр системы K длиннее метра системы K' и одновременно метр системы K' длиннее метра системы K. Посмотрим на рис. 1. Всякий, знакомый с теорией Эйнштейна-Минковского, знает, что время рассматривается как четвертая координата (хотя и мнимая, но это обстоятельство революционеров в науке смущать не должно!). У нас на чертеже изображена система K с осями x и l, x соответствует пространству, l времени (в этой системе K конечно). Переход к осям

координат и времени системы K', движущейся относительно K равномерно и прямолинейно, геометрически равносильно повороту вокруг начала координат, как это и изображено на рис. 1. Теперь пусть наблюдатель в системе K' наблюдает метр OA системы K, наблюдатель K' „разлагает OA' по своим координатам". Длина этого метра для него будет OA' и в то же самое время метр OB' системы K', с точки зрения системы K, будет OB'— что как это следует из чертежа, несомненно, меньше OB. Здесь опять не доказано физически, что мы так легко можем разлагать отрезок OA, выражающий в системе K длину метра, в длину меньшую метра OA' наблюдателя K' и промежуток времени AA'. Мысль Эйнштейна, что мы беспрепятственно можем перепутывать между собой пространство и время, физически не доказана, но математически она, конечно, вытекает из посылок Эйнштейна, и тем удивительнее удивление т. Семковского и его рассуждения о длине и времени в себе, что он эту мысль Эйнштейна принимает безоговорочно. Вот его подлинные слова: „Я хочу дать наглядный пример, чтобы вы сразу почувствовали эту относительность. Вот передо мной часы, которые показывают три четверти девятого; назовем момент, когда стрелка показывает три четверти девятого—первым событием; через час стрелка будет показывать три четверти десятого — назовем это вторым событием. Я спрашиваю, какой промежуток лежит между первым и вторым событием? Вы ответите: один час во времени. А в пространстве? А в пространстве,—ответите вы,—никакого промежутка нет: часы как лежали на кафедре, так и лежат там же. И, однако, между первым и вторым событием лежит в действительности (курсив наш. *А. Т.*) расстояние приблизительно в 113.000 километров, потому что земля за это время вместе с этой залой и часами на кафедре продвинулась в пространстве (курсив наш. *А. Т.*) на 113.000 километров". Таким образом самая мысль „отрезок" разложить на пространство и время (да еще мнимое) для т. Семковского вполне приемлема, но он опять незаметно для себя сбивается на не эйнштейновскую физику. „Расстояние приблизительно в 113.000 километров в действительности". Какой? Ведь, у принципа относительности одна действительность одного наблюдателя, другая у другого. „Земля передвинулась в „пространстве", в каком „пространстве"? По поводу выражения „движение в пространстве" Эйнштейн в своем популярном изложении своей теории пишет следующее: „Далее, что означает здесь движение „в пространстве"?.. Прежде всего оставим в стороне темное слово „пространство", о котором мы—если

мы будем честны—ничего решительно даже и думать не сумеем, вместо этого мы поставим „движение по отношению к практически твердому телу отсчета“... В том-то и дело, что раз мы становимся на точку зрения теории относительности, то пространства и времени, как таковых, или an sich, как говорит т. Семковский, нет. Есть пространство и время для каждого из нас. Эта мысль особенно ярко выражена у Эддингтона в I главе его изложения принципа относительности (The Mathematical Theory of Relativity A. S. Eddington. Cambridge University. Press, p. 8).

„Рамка пространства и времени есть поэтому что-то такое, что наблюдатель перекладывает во внешний мир“ (The space-time frame is therefore something overlaid by the observer on the external world).

Раз пространство и время каждый наблюдатель вкладывает во внешний мир, то возражайте после этого философам-идеалистам! Напрасны все уверения т. Семковского, что все философы-идеалисты ошибаются, когда они делают идеалистические выводы из теории Эйнштейна. Раз время и пространство для каждого наблюдателя свои, и он их вкладывает во внешний мир, так что уж тут говорить!

Итак, можно и, по мнению пишущего эти строки, должно спорить с релятивистами о том, что все их умозрения лежат за пределами доступной нам опытной проверки. Мы не имеем никаких данных считать, что человек, сидящий в одной системе отсчета, какой-нибудь отрезок считает „пространством“, а другой, сидящий в другой системе, тот же отрезок непонятным образом считает отчасти „пространством“, а отчасти временем. Но если мы принимаем основные положения Эйнштейна, как это делает тов. Семковский, то математические следствия принимать необходимо: ссориться с элементарной математикой и геометрией по меньшей мере бесполезно.

Но почему все это не страшно для марксиста? Потому, что все это одни умозрения, физически не доказанные и „хорошо забронированные от опыта“.

Посмотрим теперь, что думает по этому поводу т. Цейтлин („Под Знаменем Марксизма“, № 5, стр. 137). „Затрону в заключение вопрос о времени. Легко понять, что эта проблема тесно связана с реальностью движения (качественно). Если движение — чистая относительность (а что же иное у Эйнштейна? *А. Т.*), то абсолютного времени не существует и у каждого „свое время“ (это и есть теория Эйнштейна. *А. Т.*). Этим разрушается закон причинности и единство мирового целого (правильно! *А. Т.*). И в этом

пункте главная схоластическая опасность отрицания Эйнштейном реального движения. Но очень часто возражают не против этого, а против относительности наших субъективных временных переживаний". Что же это значит? Или теория Эйнштейна добирается только до наших субъективных переживаний, а до объективного так и не доходит, или... или существует абсолютное время и не существует ни специального, ни общего принципа Эйнштейна, так как определение времени и относительность времени представляют собою существо самого принципа — это его основа! А, ведь, тов. Цейтлин (стр. 131) громогласно объявляет: „она (т.-е. общая теория относительности) находится в полном согласии с принципами диалектического материализма!" (*А. Т.*). Итак, в данной области оба автора, и т. Цейтлин и т. Семковский, для доказательства совместимости теории Эйнштейна с диалектическим материализмом предлагают один и тот же метод: выбросить начисто всю теорию относительности. Метод радикальный, слов нет, но доказывает ли он то, что хотели доказать сами авторы этих доказательств? Пишущий эти строки не вполне в этом уверен.

Мы затронули пока по существу только специальную теорию относительности, переходим теперь к так называемой общей теории относительности. Эта теория является обобщением и расширением специальной. Она является обобщением потому, что она должна быть приложима не только к равномерному и прямолинейному, но и к какому угодно относительному движению. Разберем пример с поездом. Пусть железнодорожный поезд внезапно остановился; благодаря инерции чемоданы и мешки попадали с сеток на пол. Как истолковывала это явление старая физика? В старину говорили, что поезд движется по земле, а при торможении вагона находящиеся в нем предметы сохраняют по инерции свою скорость и продолжают двигаться в затормозившемся вагоне. Последовательный релятивист скажет: „я просто не понимаю смысла утверждения—„поезд движется по земле", — что это значит? Существует одно только относительное движение поезда по отношению к земле, или, что то же самое, земли по отношению к поезду. Я сажусь в поезд Октябрьской железной дороги и еду в Ленинград—это большая наивность с моей стороны так думать. Может быть, это и так, а, может быть, Ленинград поехал навстречу моему поезду, а поезд, в котором я сижу, с точки зрения какого-либо космического наблюдателя, неподвижен и именно для этого должен вертеть колесами.

Чтобы сделать эту мысль не столько, как бы это сказать... неприятной, т. Семковский приводит простой пример с мухой на глобусе: муха бежит в одну сторону, а вы поворачиваете глобус в обратном направлении с такой же скоростью, с какой муха бежит по глобусу, в результате муха не смещается по отношению к вертящему глобус и сидящему на стуле наблюдателю. Все это должно быть понятно, как говорит т. Семковский, „и самому ограниченному представителю здравого смысла, каких немало у нас и среди научных работников". Мы только что видели, как сам т. Семковский запутался в сетях этого коварного здравого смысла,—не оттого ли он так заботливо предостерегает нас грешных! Также неосновательно возражал Эйнштейн Ленару—это возражение очень нравится т. Семковскому. Самое возражение состоит в следующем: „Машинист возразит, что он непрерывно топит и смазывает не окрестность, а паровоз, следовательно, на паровозе и должен сказаться результат его работы, т.-е. движение".

Именно здравомыслящий человек, хотя бы слегка знающий физику, и машинист в том числе, этого не скажет. Это, между прочим, и говорит Ленар в своем ответе. Ведь, всякий знает, что стоящая по отношению к столу муха на вращающемся глобусе должна перебирать лапками на уходящей из-под ее ног поверхности глобуса. Так же точно и паровоз надо топить и смазывать, если под ним земля уходит. Возражение Эйнштейна очень неудачно: он приписывает противникам то, что они не говорили,—это, правда, удобный полемический прием, но и только. Дело же заключается вот в чем. Вернемся к поезду; мы видели, что при быстром торможении в поезде появляются силы инерции: чемоданы вылетают из сеток. Как правоверный релятивист будет говорить об этом явлении: возможно, что поезд бежал по земле и затормозился, но возможно, что и земля бежала под поездом, только в другую сторону, и внезапно... она затормозилась. Вследствие этого торможения возникло новое поле тяготения, которое подействовало на предметы, находящиеся в вагоне, так что чемоданы попадали. Вообще это поле тяготения производит все то, что в старой физике производит закон инерции. Вот Ленар имел дерзость задать вопрос: почему при торможении земного шара падают чемоданы в поезде, а не водокачка или колокольня вблизи станции? У релятивистов на это готов следующий ответ: в появившемся поле земной шар и все находящееся на нем как бы падает, а потому не должно происходить никаких разрушений, чемоданы же и поезд не двигаются в этом

поле тяготения: ведь двигалась земля и затормозилась, а поезд в этом поле стоит. Сила тяжести этого поля и вызывает падение чемоданов из сеток. Как это все во-время случается и как это возникают поля тяготения—физически совершенно неясно.

Пишущий эти строки на одном из диспутов задал тот же вопрос сторонникам Эйнштейна несколько в иной форме. Так как никакого ответа мною получено не было, то я позволю себе его повторить. Пусть у нас в комнате стоит большой стол *A*, а на столе доска *B*. На столе *A* и на доске *B* стоят оловянные солдатики. Я двигаю равномерно доску *B* вдоль стола и внезапно останавливаю, тогда солдатики, стоящие на *B*, падают по инерции (как чемоданы в примере с поездом), солдатики же на столе *A* стоят: с ними ничего не случилось. Подвесим теперь доску *B* к потолку на проволоках так, чтобы она немного не касалась стола, и будем двигать стол с такой же относительной скоростью по отношению к *B*, с какой раньше *B* двигалось по отношению к *A*. Мы, ведь, находимся в положении „космического“ наблюдателя, не принимающего участия ни в движении стола, ни в движении доски. Затормозим стол *A*,—стоящие на нем солдатики попадают, а на доске *B* будут стоять спокойно. Выходит не так, как в примере Эйнштейна с поездом, там, ведь, все равно, движется ли земля и тормозится или движется поезд,—все несчастья происходят всегда в поезде. Вот я и спрашиваю, при каких размерах и при какой массе стола явления, протекающие не по Эйнштейну, начнут протекать так, как того требует всеобщая теория относительности? На это не на диспуте—а так, между прочим,—кое-кто из релятивистов высказывали предположение, что, вероятно, размеры и масса стола должны быть такого же порядка, как земной шар, а такие большие тела, как известно, мы не умеем двигать,—в наших лабораториях особенно. Ответ до поразительного знакомый: нельзя поставить такого опыта, который подтвердил бы теорию; мы имеем, следовательно, великолепное новое доказательство—как прекрасно забронирована эта теория от опыта.

То же самое происходит и с вращательным движением. Принцип относительности не делает различия между Коперником и Птоломеем. А для этого надо допустить, что центробежные силы все равно получатся, если земля неподвижна, а вокруг нее вращается вся вселенная. Опять наш ежедневный опыт говорит против этого. Я вращаю мяч на центробежной машине: он сплющивается. Я оставляю мяч в спокойном состоянии на центробежной машине и вращаю тяжелые предметы вокруг машины:

мяч, увы, не сплющивается. Аналогичный опыт с очень чувствительным прибором производили братья Фридлендер и получили отрицательный результат. Но нам говорят: вращающиеся массы малы! Опять тот же самый ответ: „забронировано от опыта“. Но т. Семковскому все это нипочем. „А почему нельзя допустить, — пишет он, — что, скажем, сплющивание вызывается не вращением в абсолютном пространстве, а действием отдаленных масс, относительно которых и происходят все движения, в том числе и вращательные“. Действительно, почему не допустить? Но здравая наука не только допускает, но и доказывает на фактах свои допущения. Допущение, которое не может быть проверено, мало интересно для ученого, и, добавлю от себя, и для философа-материалиста: он не может применить „критерия практики“.

По поводу затруднений, встречаемых теорией относительности при истолковании вращения земли, высказывался уже неоднократно целый ряд исследователей. Приведем мнение профессора С. Мохоровичича, о котором Эйнштейн отзывается как о прекрасном знатоке теории относительности и одном из сильнейших ее противников.

„Когда я своими пальцами сообщаю вращательное движение маленькому волчку, то с точки зрения всеобщей теории относительности следующие два допущения вполне равноправны: во-первых, волчок вращается в „покоящемся“ мире, и, во-вторых, весь мир вращается вокруг „покоящегося“ волчка. Если бы второе предположение было допустимо, то пришлось бы принять, что я с помощью моих пальцев привел в движение весь мир вокруг „покоящегося“ волчка, но, ведь, это бессмыслица. — Оба допущения далеко не равноправны с математической стороны; с физической же они еще менее равноправны. Мы должны радоваться, что во времена Птоломея не был известен современный векторный и тензорный анализы (это говорит тонкий знаток тензорного анализа! *А. Т.*), а то Коперник не имел бы такого успеха. О других затруднениях я здесь упоминать, вследствие ограниченности отведенного мне места, не могу, но я должен все-таки еще добавить следующее: если бы была допустима эта релятивистски-птоломеевская точка зрения, то весь мир должен бы вращаться вокруг оси, которая как раз проходит через меня. Если я изменяю место наблюдения, то весь мир сейчас же должен завертеться около другой оси, и при этом должны возникнуть перемещения, для чего потребовались бы невероятной величины силы. Эти громадные силы я должен был бы затрачивать

для того, чтобы вообще быть в состоянии изменять свое положение в мире, а это вовсе не соответствует нашему опыту. Поэтому приведенная только-что релятивистская точка зрения противоречит опыту“ [1]).

На другом конце света, в Америке, Хейль [2]), подводя итог многочисленным сомнениям о применимости теории Эйнштейна к вращательному движению, замечает, что Эйнштейн „перептоломеил Птоломея“. А тов. Семковский, желая внушить читателям величие идей, развиваемых Эйнштейном, говорит: „Я думаю, что легче всего проникнуть в это здание, если подойти к Эйнштейну, как продолжателю той линии развития, которая ведет от Птоломея к Копернику (! *А. Т.*)“... И приводит обратно к Птоломею? Но т. Семковский все-таки знает, что очень и очень многим ученым линия „развития“ вспять не всегда нравится, и поэтому он пытается выгородить Эйнштейна: „Эйнштейн подчеркивает, что речь идет в теории относительности не о двух гипотезах, не о том — какая гипотеза неподвижности солнца или земли правильна (а наука всегда именно так и ставит вопрос и принимает то, что правильно, отвергая неправильное! *А. Т.*),— а о двух способах изображения движения, при каждом из которых одно из двух движущихся тел и принимается условно, в выясненном выше смысле, за неподвижное. И поскольку нет привилегированной, т.-е. абсолютно неподвижной, системы координат, принципиально допустимо рассматривать движение по отношению к любой координатной системе. Только это и выражает формула, что „все тела отсчета принципиально равноправны“. Нет привилегированного, абсолютно покоящегося сверхнаблюдателя, а только движущиеся друг относительно друга наблюдатели. И речь, стало быть, во всех случаях может итти не об абсолютных, а только об относительных движениях тел“. Здесь что ни слово—то путаница. Во-первых, если я,—воздав должное великим заслугам Коперника,—скажу, что земля вращается вокруг солнца или—правильнее—вокруг общего центра масс солнца и земли, то я этим самым вовсе не утверждаю, что солнце неподвижно, да еще абсолютно. Разве вы не слыхали, т. Семковский, что астрономы и физики, стоящие на почве Коперника, вычисляют даже скорость, с которой солнечная система несется

---

[1]) Prof. S. Mohorovicic, Die Einsteinsche Relativitätstheorie und ihr mathematischer, physikalischer und philosophischer Character, Berlin 1923, S. 69.

(Еще раз напоминаем, что философская сторона этой в общем крайне интересной книжки очень слаба).

[2]) „Под Знаменем Марксизма“, № 4—5.

к созвездию Геркулеса? И все-таки координатная система с началом в центре масс солнечной системы есть, для данной солнечной системы, привилегированная система координат [1]), хотя бы уж и потому, что только для этой системы координат мы имеем $\Sigma mv = 0$, а для всех иных систем это равенство не выполняется. Итак, привилегированный и абсолютно неподвижный—далеко не одно и то же.

„Не существует сверхнаблюдателя". — Это положение при ближайшем исследовании оказывается чистейшим махизмом. У меня в руках винт и гайка, и я стою неподвижно относительно комнаты—я могу повернуть гайку и могу вертеть винт. Всякий, смотрящий на меня, и есть тот „несуществующий сверхнаблюдатель". Но представьте себе, что винт и гайка выросли до громадных размеров, а все наблюдатели оказались на винте или на гайке, а винт с гайкой окружены облаком тумана [2]). В этом случае сверхнаблюдателей не будет, и тогда различие в движении винта и гайки пропадет; значит, если кто-нибудь видит какое-то различие в движении винта и гайки, то это различие существует, а если дело обстоит так, что это различие почему-либо не заметно имеющимся на-лицо наблюдателям, то и различий не существует. Ни у кого нет никаких ощущений, следовательно, ничего вообще нет. Нет сверхнаблюдателя, который мог бы, скажем, с Сириуса увидать, что земной шар вращается вокруг солнца, а не наоборот. Значит, нечего рассуждать о том, кто прав — Коперник или Птоломей. И нужно утешать себя, что „принципиально допустимо" рассматривать и движение солнца вокруг земли или даже всей вселенной, хотя объяснить, по какой такой физической причине громадные массы, вроде солнца, Сириуса, Капеллы, Арктура или Бетельгейзе, вращаются, как по щучьему веленью, вокруг маленькой, маленькой песчинки, какую представляет собой по сравнению с ними земной шар, — объяснить это не сможет никто. Но т. Семковский, пожалуй, скажет, что в приведенной цитате не объяснен смысл его слов о том, что тела условно принимаются, как неподвижные. Вот, что это значит: „Условно на время наблюдения я могу принять за неподвижный любой пункт, в который я помещаю начало своих измерительных координат. Все движется, но, чтобы ориентироваться в дви-

---

[1]) См. И. Орлов,—„Под Знаменем Марксизма" № 3, стр. 49, 1924 г.

[2]) Я этот пример приводил в своем докладе „Теория относительности и махизм" („Вестник Коммунистической Академии", № 7), на что уважаемые противники не нашли ничего лучше, как сказать, что если напустить тумана, то ничего вообще не будет видно. См. настоящий сборник—XV.

жении в качестве наблюдателя, я должен избрать себе хотя бы мысленно какое-нибудь „тело отсчета“, а это тело отсчета тем самым делается на время наблюдения условно неподвижным“. Таким образом всякое движение я могу превратить в какое-угодно, и в том числе в отсутствие движения, стоит только „мысленно“ перенестись в какое-либо „тело отсчета“, а их, ведь, много можно придумать. Что же, в конце концов, движение есть нечто реальное или только „мысленное“?

Вот почему я и думаю, что великие умы до Эйнштейна шли по правильному пути: в период младенчества человеческой мысли всякое движение относили к земному шару, в том числе и движения небесных тел: солнца, луны и звезд. Коперник сделал гигантский шаг вперед, указав, что земля и планеты вращаются вокруг солнца. Дальше оказалось, что привилегированной точкой оказывается не центр солнца, а центр масс солнечной системы. Но и этот центр движется к созвездию Геркулеса, и кто знает, какие еще движения солнечной системы мы откроем в будущем? Для диалектика-материалиста мир неисчерпаем, абсолютного движения мы, вероятно, не узнаем, так же, как не узнаем исчерпывающе строения звезд или атома и электрона, но мы шаг за шагом получаем все более и более верную картину окружающего нас мира и все те составные движения, о которых мы узнали: движения земли и солнца среди звезд—это реальности, это—пусть несовершенное—отражение абсолютной истины. Эйнштейн же хочет нас отбросить к временам до Коперника и сделать неясным то, что стало ясно Копернику! И это называется итти по пути от Птоломея к Копернику. Но читатель, быть может, уже давно готов спросить: позвольте, вы говорите все о том, что еще не доказано, а, ведь, предсказал же принцип относительности новые факты, которые блестяще подтвердились?

Прежде всего специальный принцип дает выражение для зависимости массы электрона m от его скорости v: $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}$,

где c—скорость света, а m_0—масса электрона с точки зрения наблюдателя, неподвижного по отношению к электрону.

Необходимо заметить, что эту формулу можно получить и другими путями, так что экспериментальное подтверждение приведенной формулы, буде оно получится, не доказывает еще победы принципа Эйнштейна. Как бы то ни было, даже такой осторожный ученый, как Зоммерфельд, в своей прекрасной книжке: „Строение атома и спектральные линии“ (Atombau-und Spektral-

linien. A. Sommerfeld. Vieweg 1922) в главе, излагающей результаты исследований так называемой „тонкой структуры спектральных линий“, несколько поторопившись, возвестил о славной победе Эйнштейна. Конечно, это сейчас же было подхвачено многочисленными популяризаторами и газетными обозревателями. Однако позднейшие исследования Герке и Лау показали, что дело с опытной проверкой формулы $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}$ обстоит далеко не блестяще. Вот выдержки из статьи упомянутых авторов [1]). „Достойно внимания, что найденное из опыта значение 8,8 для величины $\Delta\, \nu_0 . 10^{-9}$ (различие в частоте между элементами тонкой структуры) как раз то, которое, согласно Ленцу, вытекает из предположения Абрагама о твердом электроне, г-н Зоммерфельд считал уже, что его „релятивистическое численное значение, определяющее тонкую структуру 10,95, вполне достоверно, и он уже говорил, что (абрагамовская) „абсолютная теория“ на фактах спектроскопии потерпела кораблекрушение и должна окончательно передать занятое ею место теории относительности“. Если мы согласимся придавать такое значение спектроскопическим измерениям тонкой структуры, придется, на основании наших опытов, склониться к выводу, что эти опыты подтверждают абрагамовскую теорию твердого электрона“.

Таким образом, фактически, на опыте вместо числа 10,95, вытекающего из теории относительности, получается 8,8 в полном согласии с теорией Абрагама, про которую Минковский, один из основателей теории относительности, говорил: „Это даже не рабочая гипотеза—это препятствие для всякой работы“. История, как мы видим, наглядно показывает, с какой осторожностью надо высказывать подобные суждения. Приведенное различие в цифрах значительно выходит за пределы неизбежных погрешностей, таким образом—это явное опровержение теории Эйнштейна.

Переходим теперь по очереди к трем знаменитым „пророчествам“. Во всех газетах был поднят шум, что во время солнечного затмения в 1919 г. в Южной Америке и в 1921 г. в Австралии измерения, сделанные на фотографиях звезд вблизи солнца, „окончательно и бесповоротно“ доказали теорию Эйнштейна. Но оставим область сенсационных известий и подойдем к самим фактам. Результаты измерений представлены на рис. 2:

---

1) „Annalen der Physik“, B. 67, S. 393, 1922.

по горизонтальной прямой [1]) отложены выраженные в градусах расстояния звезд от центра солнца, заштрихованная полоса изображает область, занятую солнцем: от центра до края; на вертикальной оси отложены смещения положения звезд, выраженные в секундах дуги, пунктирная кривая H_0 соответствует теории Эйнштейна. Черные точки представляют результаты измерений с той или другой звездой, при чем, чем больше размер кружка, тем больший вес имеет данное наблюдение. Кривые H_1 и H_2 имеют больший постоянный коэффициент, чем в эйнштейновской формуле. Если вычислить по формуле, предполагающей простой

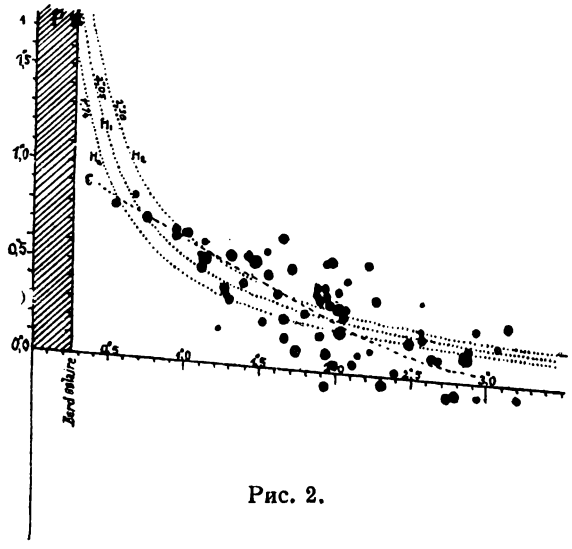


Рис. 2.

закон Ньютона (вычисление Сольднера 1811 г.; тот же результат получится по теории Дж.-Дж. Томсона, приписывающей гравитационную массу эфиру, увлекаемому силовыми линиями в световой волне), то кривая пройдет немного ниже, но также через области, густо покрытые точками. Вот что пишет по поводу приведенной нами кривой Э. Эскланьон, директор Страсбургской обсерватории: „Другими словами, для геометрического изображения данного ограниченного количества точек наблюдений не существует одной кривой, но целый пучок—кривых, которые все могут удовлетворить этому условию, и в та-

[1]) Горизонтальная ось координат несколько наклонена на чертеже, благодаря внесению поправок.

ком смысле они все в одинаковой мере законны и приемлемы. Изображение должно выражаться не с помощью линии, но с помощью настоящей „дороги“, проведенной через группу точек; дорога эта тем более широкая, чем больше средние уклонения. Что касается совокупности отклонений вблизи от солнца, то здесь точно также дорога остается еще настолько широкой, что в тех пределах расстояния от солнца, где измерения фактически были сделаны, изображение с помощью формулы Ньютона $\frac{0,''9}{r}$ почти настолько же законно, как и с помощью Эйнштейновой формулы $\frac{1,''7}{r}$, и что лучшая из формул этого рода будет скорее $\frac{2,''0}{r}$.

Итак, здесь-то и заключается весь вопрос: фактически, на этой „дороге“ остается много места для одновременного переезда весьма разнообразных экипажей, для теорий—по природе своей весьма различных; таким образом в настоящее время нельзя сказать, для какого экипажа подходит больше всего приведенная дорога“ [1]). Но еще перед этим автор упоминает о трех допущениях, какие необходимы даже для такого скромного вывода:

1. Надо допустить, что отклонения на пластинках представляют собой реальный эффект, а не вызваны неравномерным растяжением желатинного слоя; влияние этого фактора можно учитывать, но, к сожалению, в данных случаях этого сделано не было!

2. Мы делаем допущение, что кривая должна быть гипербола. Если бы мы получили эти опытные данные и не знали ни ньютоновской, ни эйнштейновской формулы, то мы провели бы кривую *c* (см. рисунок), выражающую совсем другой закон и не имеющую ничего общего с теорией Эйнштейна.

3. И, наконец, мы не учитываем космическую рефракцию, так называемый эффект Курвуазье, достигающий вблизи солнца величины около 0″,5.

Можно ли говорить после этого о блестящем исполнении пророчества Эйнштейна? Можно ли говорить, что факты вынуждают нас признать, что наше пространство не Евклидово? Так как весь этот эффект, происходящий от отступления от Евклидовой

---

[1]) L'Astronomie. „Bulletin de la Société astronomique de France“, 38 Annee, Mai 1924, p. 184.

геометрии, выражается различием чисел $\frac{0,''9}{r}$ и $\frac{1'',7}{r}$. Хотя пишущему эти строки не раз приходилось писать на эту тему, но, видимо, мои уважаемые противники с этим не считаются и приходится повторять. Я не скрою, что когда-нибудь, быть может, усовершенствование техники докажет, что наше пространство только в первом приближении можно считать Евклидовым, но для этого нужны факты и не такие, как с отклонением лучей звезд вблизи солнца. При современном состоянии этого вопроса ни один здравомыслящий физик не станет перекраивать всю физику, заменяя простые, всем и каждому доступные выражения Евклидовой геометрии сложными формулами не-Евклидовой геометрии. Мы всегда, наоборот, стремимся, где это только возможно, вносить упрощение; взамен строгих выводов приближенныя даже там, где нам вполне ясно видна правота более сложных и в то же время более строгих в теоретическом отношении формул. Но в данном примере, когда в лучшем случае факты говорят ни за, ни против теории Эйнштейна, есть ли какой-нибудь смысл простое заменять сложным? Итак, с первым пророчеством дела совсем неважны.

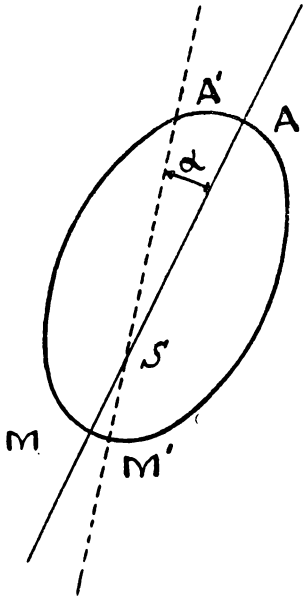


Рис. 4.

Переходим ко второму „пророчеству“ — к движению перигелия Меркурия. Во-первых, формула, выражающая это перемещение, совпадающая с эйнштейновской, была выведена иным путем Гербером и была уже напечатана в журнале физики и математики („Zeitschrtif für Mathematik und Physik“) в 1898 г. следовательно, за 17 лет до работ Эйнштейна. Но самое важное не в этом: по формуле Гербера-Эйнштейна получается следующее: перемещение перигелия в сто лет равно 42 секундам дуги [1]) (42 секунды дуги, т.-е. $\frac{42}{3600}$ доли градуса — около одной сотой доли градуса).

[1]) Перигелием называется та точка орбиты, где планета всего ближе отстоит от солнца (точка M на рис. 3). Направление линии $M\ S\ A$ непостоянно, линия $M\ S\ A$ поворачивается вокруг S. Угол α, на который повернется линия $M\ S\ A$ в столетие, и есть то явление, о котором идет речь.

С другой стороны, обработка астрономических наблюдений, сделанная Леверье и Ньюкомбом, дает 42,2″; казалось бы, лучшего совпадения и нельзя ожидать. Однако,—и это совершенно естественно для строго научной работы, — у целого ряда ученых явилась мысль еще раз проверить выводы Леверье и Ньюкомба, и что же оказалось? Оказалось, что расчеты были не совсем точны. Е. Вихерт, тщательно проверивший работу Леверье и Ньюкомба, получил не 42,2″, а 34″. Гросман [1]) также перечислил все астрономические наблюдения, при чем он выделил в отдельную группу данные, полученные с помощью меридианного круга. Из этой группы наблюдения получается 29″, а если использовать все наблюдения, то по Гроссману получается 38″. Результаты этих вычислений никем не опровергнуты,—таким образом, говорить о согласии теории с фактами еще рано, а может быть, и поздно! Вот что пишет по этому поводу Герольд фон-Глейх в статье от 7 августа 1923 г. [2]): „Изображение аномалии в движении перигелия Меркурия с помощью эйнштейновской формулы никогда не даст действительно выдерживающего критику доказательства в пользу теории относительности, если бы даже эта формула и удовлетворяла наблюдениям, что, однако, как было уже указано, по меньшей мере еще сомнительно“ (курсив автора). Первая часть приведенной мысли Глейха мотивирована им тем, что существует несколько и притом очень простых способов вывести ту же формулу. Эти же аргументы в более расширенном виде приведены Глейхом в статье, напечатанной осенью настоящего года [3]). Итак, со вторым пророчеством дело обстоит сейчас не совсем благополучно, чтобы не сказать совсем неблагополучно.

Переходим теперь к третьему пророчеству: к смещению спектральных линий в красную сторону спектра - в спектре солнца и звезд. Сам Эйнштейн придает этому следствию своей теории громадное значение. В своей популярной книжке он на последней странице с полной определенностью говорит: „если смещение спектральных линий к красному концу спектра, вызванное гравитационным потенциалом, не существует, то всеобщая теория

---

[1]) „Zeitschrift für Physik“, 5 том, стр. 280, 1921 г. „Astronom. Nachr.“, 214, p 41 и 195, 1921 года.

[2]) Gerold v. Gleich, Die allgemeine Relativitätstheorie und das Merkur perihel,—„Annalen d. Physik“, № 19, 1923 г.

[3]) G. v. Gleich, Zur Kritik der Relativitätstheorie von Mathem,—„Physik Standpunkt aus Zeitschrift für Physik“, 25, стр. 230, 1924 г.

относительности окажется несостоятельной". Совершенно ясно, что специалисты по спектроскопии с жадностью набросились на исследование спектров солнца; в настоящее время имеется громадная литература, весьма тщательный и критический обзор, которой дан проф. Глазером в статье, напечатанной в „Ежегоднике", посвященном радиоактивности и электронике (Jahrbuch der Radioaktivität und Electronik, 20 том, стр. 277—352 за 1924 г.). Вывод проф. Глазера следующий: „Вероятность, что опыт даст результат в пользу всеобщей теории относительности, в настоящее время очень мала".

Однако минувшей весной появилась заметка Ст. Джона с сообщением, что ему, наконец, удалось доказать экспериментально эффект Эйнштейна. А. А. Богданов в своих тезисах о принципе относительности [1]) на основании этой заметки сделал вывод: „Всеобщая теория относительности одержала величайшие победы—два исполнившихся предсказания: отклонение луча солнцем (! см. рис. 2. *А. Т.*) и „Rotverschiebung" в его спектре (теперь, повидимому, подтверждена вполне)". А вот что по поводу второй из этих побед, опять с большой поспешностью возвещенной Ст. Джоном, пишет лучший знаток оптических явлений, происходящих в солнечной атмосфере, голландский астрофизик Иулиус: „Изложенное Ст. Джоном истолкование... несостоятельно". „Принимая во внимание эти факты, существование эйнштейновского смещения, обусловленного силой тяжести, по меньшей мере весьма сомнительно". Подводя итог своей критике, Иулиус замечает: „но даже и не принимая во внимание явления аномальной дисперсии (автор как раз и обсуждает эту сторону дела. *А. Т.*), как известно, многие исследователи пришли к убеждению, что общего смещения спектральных линий в солнечном спектре к красному концу (Rotverschiebung) в размере, требуемом теорией Эйнштейна, не существует. Подробные критические обзоры всего имеющегося материала, полученного из наблюдений, которыми мы обязаны Ф. Крозу [2]) и Л. Ц. Глазеру, приводят к заключениям, противоречащим указанным выше теоретическим предсказаниям".

Таковы не блестящие итоги пророчеств „революционной" теории перед лицом строгой научной критики. Конечно, все это очень плохо вяжется с истерическими восторгами, расточаемыми

---

[1]) „Вестник Коммунистической Академии", 8, стр. 345.

[2]) F. Croze, Les raies du spectre solaire et la théorie d'Einstein,—„Annales de Physique", (9) 19 tome, p. 93—229, 1923.

в бесчисленных популярных книжках и газетных статьях, где с негодованием отметается все, что носит хоть тень критики. Но что же сказать о т. Семковском, который, несомненно, знает—знает потому, что упоминает о том, что есть критики, которых нельзя заподозрить в непонимании общего принципа относительности и его математических основ, и который, тем не менее, нисколько не стесняясь, утверждает, „что теория Эйнштейна получила поистине блестящее экспериментальное подтверждение. Достаточно указать на три главнейших таких подтверждения: 1) из формул Эйнштейна сам собой получается необъяснимый до этого остаток в 43″, в передвижении перигелия Меркурия в столетие (во-первых, объяснен Гербером за семнадцать лет до Эйнштейна, во-вторых, вполне удовлетворительно объясняемый Зелигером, исходя из предположения рассеянных масс вокруг солнца и, в-третьих, не соответствующий по числовой величине фактам. *А. Т.*); 2) предсказанное Эйнштейном отклонение звездного луча, проходящего у края солнца, на 1″,7, пророчески подтверждено наблюдениями во время солнечных затмений в 1919 г. в Бразилии и в португальской Африке, и что менее известно в 1921 г. в Австралии; о степени точности оправдания этого пророчества, сделанного к тому же в 1818 г. Сольднером, читатель может судить по приведенной диаграмме (см. рис. 2. *А. Т.*); 3) Предсказанное Эйнштейном красное смещение спектра, несмотря на некоторые (!!! *А. Т.*) разногласия в истолковании результатов соответствующих опытов, может считаться также оправдавшимся (!! *А. Т.*)“. А в заключительной главе т. Семковский ссылается на то, что „все философские школы видят себя вынужденными учитывать возможную окончательную победу новой теории, опирающейся на широкий фундамент блестящих подтверждений в различнейших областях механики, астрономии, физики и отчасти даже химии (! курсив наш. *А. Т.*)“. Интересно было бы узнать, где эти блестящие подтверждения?

Возвратимся теперь к вопросу об отношении теории относительности, как таковой, к диалектическому материализму.

Мы уже много раз указывали на то, как мало у нас способов подойти к опытной физической проверке результатов этой теории и насколько сомнительны достигнутые в этом направлении результаты. Никто не будет, конечно, возражать против гипотез, против „умозрений“, отправляющихся от фактов и порой далеко забегающих вперед и побуждающих нас итти на поиски новых фактов. Но ценным является только такое „умозрение“, которое,

в конечном счете, может быть проверено на фактах. Выводы же теории относительности тщательным образом от такой проверки забронированы. Эйнштейн поставил себе задачу построить мир таким, каким ему хочется, и он достиг шумного успеха только потому, что его гипотезы—с физической точки зрения необоснованные—не могут быть при современном состоянии науки проверены. Пусть все эти гипотезы укладываются математически в очень стройную систему. Математик говорит—у Эйнштейна только одна идея: все системы координат равноправны, и больше ничего. Но физически сколько в этом гипотез! В специальном принципе—требование постоянства скорости света представляется физически недоказанной гипотезой. Далее: требование изменения размеров движущихся тел и изменения хода часов при теперешней технике не может быть доказано. Допущение, что под действием силы тяжести пространство становится не-Евклидовым и притом в различной степени—в зависимости от величины действующих масс—опять ничем не доказанная гипотеза. Наконец, требование, чтобы центробежная сила получалась при вращении вселенной вокруг земли, не доказано, и, наконец, не доказано, что при этом земля—ничтожнейшая песчинка по сравнению с миром бешено летящих вокруг нее звезд—должна создать гигантское поле тяготения; физически, все это гипотезы, гипотезы и гипотезы, которых никто никогда не проверял. Все это в высокой мере важно с чисто-философской точки зрения. Для материалиста, прежде всего, надо знать, что есть и что представляет собой более или менее удачное приближение к тому, что есть, а не те более или менее интересные картины, создаваемые, может быть, и очень остроумными людьми, но проверить которые мы не имеем возможности. Далее говорят, что Эйнштейн—материалист, или, по крайней мере, хочет быть материалистом, потому что он признает „абсолютный мир или „унию“ пространства, времени и вещей, т.-е. материю“ (Семковский, стр. 38). „Каждая движущаяся материальная масса создает свою геометрию, свою степень кривизны пространства, но вместе с тем и свое особое время. Потенциальные поля тяготения определяют темп процессов в данном поле, а стало быть, и течение времени: время может замедляться и ускоряться. Часы на солнце идут не так, как часы на земле. Каждая движущаяся система имеет свое „собственное время“ (стр. 46). „В отсутствии материи все эти потенциалы равны нулю, т.-е. без движущей материи никакого пространства и никакого времени нет“ (курсив наш. *А. Т.*, стр. 49). „Эйнштейн совершен-

но правильно рассматривает как материю, так свет и электричество. Ведь свет имеет даже вес". Помимо того, что свет и электричество не одно и то же, мы не можем еще говорить, что свет имеет вес; если на среду, в которой распространяется свет, быть может, и действует сила тяжести, то это еще не значит, что свет есть вещество—это один из процессов в веществе, но оставим даже все это в стороне. Остановимся на несколько минут на высказанной т. Семковским мысли: „В отсутствии материи... без движущей материи никакого пространства и никакого времени нет". Энгельс определял пространство и время, как формы бытия материи, а Фейербах, выражая ту же мысль несколько иначе, называл пространство и время условиями бытия материи. Но—век живи, век учись! Диалектический материализм Эйнштейна - Семковского учит как раз обратному: материя есть необходимое условие бытия пространства и времени. Все-таки это не одно и то же. Но пусть даже и так, пишущий эти строки человек уступчивый! Мы все-таки спрашиваем, что, между землей и Марсом есть пространство и время? А есть там материя?—Или вот еще пример: лучи, идущие от вспыхнувшей новой звезды и попадающие в глаз человека, пролетели несметной длины путь—лучи, ведь, по Семковскому, материя, да еще тяжелая,—что же, спрашивается, эти лучи создавали пред собой пространство, по которому они потом сами побежали? Ведь, пока их не было—не было материи, значит—не было и пространства? В тех местах, где шли лучи, не было планет и звезд, так как иначе лучи не дошли бы, а поглотились ими. Но если там не было никакой материи, то, значит, и пространства, и времени не было. Конечно, физик скажет, что там везде был эфир. А релятивист вместе с т. Семковским скажет приводящее многих в состояние оцепенения, в состояние какого-то странного гипноза слово „поле". Для физика, не релятивиста, поле есть процесс в эфире, т. е. вещество в движении, как бы это вещество ни отличалось от известных нам форм материи. А что такое поле для релятивиста—это нам объяснил сам Эйнштейн. Поэтому послушаем лучше его самого. „Можно представить себе поле состоящим из силовых линий. Если смотреть на эти силовые линии, как на нечто материальное в обыкновенном смысле слова, то можно попытаться представить себе динамические явления, как явления движения этих силовых линий, исследовать, таким образом, каждую силовую линию с течением времени. Однако хорошо известно, что такой способ рассмотрения приводит к противоречиям (отсюда не следует, что это противоречие никогда и

никем не будет разрешено. *А. Т.*). Обобщая, мы можем сказать: мыслимо, расширяя понятие физического предмета, представить себе (!!! *А. Т.*) такие предметы, к которым нельзя применить понятие движения. Их нельзя мыслить состоящими из частиц, поддающихся каждая в отдельности исследованию во времени. На языке Минковского надо сказать так: не всякое образование, заполняющее четырехмерное пространство, можно представить себе состоящим из мировых нитей. Это значит, что не всякое образование имеет движение" (!). „Поле" как раз и есть такое образование. Теперь как же, по т. Семковскому, то, к чему неприложимо понятие движения, создает свое пространство, в котором оно находится, или время, по которому „оно живет"? Ведь, без движущейся материи нет пространства и времени. А здесь есть нечто — „поле", к которому неприложимо даже самое понятие движения. Вся эта невообразимая путаница показывает только одно: от теории Эйнштейна до диалектического материализма... „дистанция огромного размера".

Говорят, по принципу относительности все относительно; масса, время и пространство, но абсолютен четырехмерный мир— это тоже словечко, которое производит на многих гипнотизирующее действие. Но, спрашивается, как и чем воспринимается этот мир? Вся физика, все физические величины основаны на измерениях длины времени и массы, а они-то как раз и относительны. Как бы ни старался Эйнштейн и его толкователи, а человека никак не отучишь отличать время от пространства, не может он их спутать, как бы кто ни старался. Следовательно, мы всегда будем жить в мире относительного, а абсолютно существующий мир для нас недоступен. Диалектический материализм учит совсем другому. Он учит тому, что наши относительно верные сведения о мире, наши несовершенные картины мира улучшаются, становятся все более и более полными—приближаются к абсолютной истине, а по Эйнштейну мы раз навсегда привязаны к нашим относительным x, y, z и t, а об абсолютном мире мы судим на основании математических формул, „яко же зерцалом в гадании". Не вытекает это все-таки из основ диалектического материализма! Совершенно ясно, что такая абстрактная, не связанная с фактами теория дает массу лазеек в сторону всяких идеалистических течений. Напрасно т. Семковский считает, что Эйнштейн платит больше в формах выражения дань махизму [1]), и

---

[1]) См. А. Тимирязев, Принцип относительности и махизм,—„Вестник Комм. Академии", книга 7. См. также наст. сборник XV.

сам т. Семковский, желающий усвоить себе учение Эйнштейна, сбивается в махизм более, чем в формах выражения. Возьмем его рассуждение на стр. 17. „Представьте себе исполинский ящик, но ящик без стенок и, что называется, без дна и покрышки. И представьте себе, что вы на каком-нибудь теле, но без наличия других тел, движетесь в этом пустом абсолютном пространстве? Как могли бы вы знать, что вы движетесь? Ведь, в ящике нашем нельзя различать ни переда, ни зада, ни верха, ни низа, ни правой, ни левой стороны. В абсолютной пустоте не за что зацепиться взором, и нельзя определить, движется ли тело или не движется". Кто спорит,—не только в пустоте, но и в густом тумане при отсутствии тряски вагона, шума колес и закрытых окнах не определишь своего движения, но вывод т. Семковского типически махистский. Если я движения не ощущаю, значит... значит его не существует. Существует только то, за что мы может уцепиться взором. Как хотите, мои уважаемые противники, это все, что угодно, но не диалектический материализм!

Наконец, переходим к вопросам геометрии. Спорящие со мной продолжают считать, что я связываю судьбу материализма с Евклидовой геометрией. Я достаточно ясно указывал, и даже в настоящей статье, что охотно признаю необходимость перейти от Евклидовой геометрии к какой-угодно другой, если мне на опыте докажут необходимость этого шага. Я утверждаю, что таких опытов нет. Тов. Семковский думает иначе. Он говорит: „Треугольник достаточно большого размера, составленный в мировом пространстве из световых лучей, не удовлетворяет Евклидову требованию, чтобы сумма его углов равнялась 2d". Я спрашиваю, где, когда и кто это доказал? Я знаю, что Шварцшильд, определяя степень точности, с которой мы можем, пользуясь современными измерительными приборами, утверждать, что наше пространство—Евклидово пространство, и какая могла бы существовать кривизна пространства, которая от нас могла бы ускользнуть вследствие грубости наших измерительных приборов. Я очень благодарен был бы т. Семковскому, если бы он указал мне, где и когда было сделано измерение достаточно большого треугольника, сумма углов которого не равна 2d? О доказательствах же Эйнштейна мы уже говорили, обсуждая его первое „пророчество".

Но вопрос о том, как Эйнштейн смотрит на геометрию, гораздо глубже. Взгляд Эйнштейна на геометрию чисто идеалистический, и притом для обоснования его теории эта точка зрения была ему необходима. Вот его собственные слова: „Однако ра-

ботающему в не математической области не приходится завидовать математику, так как положения последнего покоятся не на действительных объектах (курсив наш. *А. Т.*), а исключительно на объектах нашего воображения" [1]). Я понимаю, можно говорить о том, что математика оперирует с абстракциями, что она отвлекается от многого, что составляет содержание действительных объектов, но что она не покоится на действительности — это значит предполагать, что наше воображение, наш разум, наша логика есть что-то, не имеющее ничего общего с действительностью, и что наш „дух" может создавать какие-то свои собственные миры...

„Почему возможно такое превосходное соответствие математики с действительными предметами, если сама она является произведением только человеческой мысли, независимо от всякого опыта? Может ли человеческий разум без всякого опыта, путем одного только размышления, положить основу существующих вещей? По моему мнению, ответ на этот вопрос простой: поскольку положения математики относятся к действительности, постольку они не верны, и они верны только постольку, поскольку они не относятся к действительности". „Шаг вперед, сделанный аксиоматикой, заключается в том, что она точно ограничила логически формальное от вещественного или видимого содержания; согласно аксиоматике только логически формальное составляет предмет математики. Все же остальное содержание математики, не связанное с логически формальным и соответствующее видимым или иным вещам, к математике не относится" (стр. 6—7). Итак, логически формальное существует само по себе и вовсе не обязано быть абстракцией от того, что мы видим и изучаем. Но может быть—это обмолвка? Может быть это, по выражению т. Семковского, „вырванные кусочки и выхваченные фразы"? Увы, сам Эйнштейн вполне определенно опровергает эту тень сомнения. „Геометрия,—пишет он дальше,—имеет дело с объектами, обозначаемыми словами: прямая, точка и т. д. При этом не предполагается какого-либо знания или представления этих предметов; наоборот, значение их чисто формальное, т.-е. аксиомы лишены всякого видимого и жизненного содержания, и приведенная выше аксиома является одним из таких примеров" (Речь идет об аксиоме, что через всякие две точки пространства можно провести прямую и притом только одну. *А. Т.*). „Эти аксиомы—свободные

---

[1]) Эйнштейн, Геометрия и опыт, Научное книгоиздательство, Петроград. 1923.

создания человеческого духа. Все остальные геометрические положения суть логические следствия аксиом, связанных с миром только общностью терминов" (Курсив наш. *А. Т.*). Я думаю, всякий, кто не ослеплен „модной революционной теорией", сообразит, что это чистейшей воды идеализм. Через несколько строчек на той же странице Эйнштейн все же признается: „С другой стороны, верно и то, что математика вообще и геометрия — в частности возникли из необходимости получить какие-либо сведения о соотношении действительно существующих вещей. На это указывает само слово „геометрия", означающее „измерение земли". В самом деле, измерение земли рассматривает возможные положения друг относительно друга известных тел природы: частей тела земли, измерительных лент, измерительных реек и т. д.". Казалось бы, именно эта потребность и привела к открытию геометрических аксиом. Геометрия, как наука, создавалась постепенно, по мере расширения нашего опыта, как абстракция, на почве этой практической работы и лишь много веков спустя, путем дальнейшей абстракции, были построены различные системы геометрии, отличающиеся в том или другом отношении от геометрии Евклида, построенной на почве опыта.

Не так думает Эйнштейн. По Эйнштейну вся геометрия Евклида или всевозможные системы не-Евклидовой геометрии, как свободные создания нашего свободного духа, уже существовали в наших головах, и конечно, никто не может знать, какая из этих систем подойдет к „так называемой" действительности... Может быть, ведь, и ни одно из „свободных созданий свободного духа" для этой цели не будет пригодно! Эйнштейн так и говорит: „Ясно, что, основываясь на системе понятий аксиоматической геометрии, мы не можем иметь никакого суждения о взаимоотношении тех, существующих в действительности, предметов, которые мы желаем назвать практически твердыми телами. Для такого суждения нужно лишить геометрию ее только логически формального характера, подчинив пустым схематическим понятиям аксиоматической геометрии живые объекты действительности (переживания"). Таким образом здесь выплывает хорошо знакомое рассуждение махиста: практика—это одно дело, практик—ученый исследователь может быть и материалистом, это иногда и очень удобно, и хорошо—но теория познания это совсем другая „материя".

А вот и выход из затруднения, в которое, казалось бы, должен попасть Эйнштейн, утверждая, что геометрия, с одной стороны,

возникла из практических потребностей человека, и, с другой,— что она свободное создание свободного человеческого духа. „В отношении различных возможностей взаимного расположения твердые тела обладают теми же свойствами, как тела Евклидовой геометрии (Евклидова геометрия создана свободным духом, конечно, и чистая случайность или „нечаянная радость", что именно это создание духа оказалось в данном случае удобным. *А. Т.*). Таким образом положения Евклидовой геометрии делаются положениями, определяющими свойства практически твердых тел" [1]). Таким образом иногда создания свободного духа, как оказывается, имеют много общего с действительностью. „Я придаю особое значение такому пониманию геометрии—без него мне бы не удалось создать теорию относительности". Это лишний раз, как представляется пишущему эти строки, доказывает правильность развиваемой им точки зрения [2]), что махизм необходим был Эйнштейну в его работе: это вовсе не пристегнутая надстройка, а органическая часть самой теории и эта существенная помощь реакционной философии возможна только потому, что вся теория висит в воздухе—она не связана с реальной действительностью, она забронирована от опыта—только потому и возможен союз с махизмом. Но полную картину взглядов Эйнштейна на свою собственную теорию и ключ к философскому ее уразумению дает поистине замечательный отрывок из только что цитированной нами речи „Геометрия и опыт", отрывок, в котором Эйнштейн излагает взгляды Пуанкаре: „Геометрия (Г) ничего не говорит о соотношении действительных предметов; и только геометрия вместе с совокупностью физических законов (Ф) описывает это соотношение (настоящий стиль махиста: описывает! *А. Т.*). Выражаясь символически, мы можем сказать, что поверке опыта подлежит только сумма (Г)+(Ф). Таким обра-

---

[1]) Из этого многие т.т. марксисты, мало знакомые с механикой и физикой, делают вывод, что Евклидова геометрия неприложима к газам и жидкостям. Это крупное недоразумение. Вся гидро и аэро-динамика построена, пока что, на Евклиде. Речь идет о том, что в наших доказательствах, например, о равенстве двух треугольников; предполагается, когда мы при доказательствах мысленно переворачиваем один треугольник и накладываем его на другой, то при этом треугольник ведет себя, как „твердое тело". Только в таком смысле мы и говорим, что гипотеза „твердого тела" нужна для построения Евклидовой геометрии. См., напр., прекрасную статью Г. Гельмгольца „О происхождении и значении геометрических аксиом", Сборник „Философия науки", ч. I.—Физика, вып. II, под редакцией А. К. Тимирязева.

[2]) Принцип относительности и махизм. А. Тимирязев—„В. К. Ак." 7.) Настоящий сборник—XV.

зом в действительности можно по произволу выбрать как (Г), так и отдельные части (Ф) [1]) (курсив наш). Вот отчего в теории Эйнштейна можно издавать декреты, и природа им подчиняется! *А. Т.*); все эти законы являются условными. Для избежания противоречий необходимо только оставшиеся части (Ф) выбрать таким образом, чтобы опыт оправдал в общем (Г) и полное (Ф). При таком представлении, с точки зрения теории познания, аксиоматическая геометрия является равноценной с возведенной до степени условности частью законов природы. Мне кажется, что с принципиальной точки зрения (sub specie aeterni) такое воззрение Паункаре совершенно правильно" (стр. 13).

Эта схема, действительно, как нельзя лучше изображает всю суть Эйнштейновской теории и как бы подводит итог всему, о чем у нас шла речь. Мы имеем ряд произвольно подобранных декретов, касающихся геометрии и некоторой части физики, которые навязываются природе. А для того, чтобы сохранить внешние выражения открытых раньше нормальным путем научного исследования законов природы, мы подбираем надлежащим образом другую часть законов природы, например, правила изменения длины, масштабов и хода часов так, чтобы все сохранилось попрежнему. Секрет успеха такого „революционного" метода заключается в том, что в отдельности все эти „положения" и декреты проверить при современном состоянии науки и техники нельзя. В тех же немногих случаях, где теория стремилась указать на новые факты, она дала осечку.

Дает ли все это вместе взятое основание считать теорию относительности революцией в науке и торжеством диалектического материализма,—предоставляем судить читателю [2]).

---

[1]) Мне приходилось слышать от математиков, стоящих на идеалистической позиции, восторги по поводу того, что, наконец-то, вы, физвки, с легкой руки Эйнштейна начинаете отходить от грубого опыта и придавать все большее и большее значение тому лучшему, что есть в человеке и что носит название „искры божией". Если принимать взгляды Эйнштейна-Пуанкаре, то возразить против этого трудно. Раз я выбираю по произволу не только геометрию, но и часть физики и подгоняю другую ее часть так, чтобы не оказаться в разладе с природой, то тогда, конечно, в первой части работы я могу чувствовать себя свободным от опыта и природы и... от науки вообще.

[2]) Пишущему эти строки пришлось на-ряду с грубыми ошибками т. Семковского указать на ошибки т. Цейтлина, но ему не хотелось бы, чтобы у читателей осталось впечатление, что у т. Цейтлина в статье одни только ошибки. Наоборот, в статье т. Цейтлина много ценного. Он совершенно пра-

XVII.

Ответ на возражения тов. Цейтлина [1]).

Тов. З. Цейтлин полагает, что пора прекратить полемику по вопросу о том, можно ли согласить или нет принцип относительности с основами диалектического материализма „или, вернее, перенести ее (эту полемику. *А. Т.*) из плоскости журнальных статей в плоскость более основательных исследований". Вполне согласен с первой частью предложения и охотно присоединяюсь к решению редакции нашего журнала, рассматривающей настоящую заметку как „заключительное слово докладчика".

Что же касается второй части внесенного тов. Цейтлиным предложения, то я, не знаю, к счастью или к сожалению, вынужден ответить отказом. Для меня за последние годы настолько выяснилось полное бесплодие попытки Эйнштейна вытравить из физики все последствия революционного переворота, начатого Фарадеем и Максвеллом, и заменить физику математически махистским описанием, что у меня нет ни малейшей охоты работать

вильно подходит к вопросу об отношении энергии и материи,—а в этом вопросе у многих марксистов, благодаря нескольким неосторожным выражениям Плеханова, установилась большая путаница. Не избег этой участи и т. Семковский. Далее т. Цейтлин совершенно правильно отмечает систематическое замалчивание тех из работ Максвелла, в которых он, на основании придуманных им механических моделей, приходит к своим знаменитым уравнениям. Сейчас „принято" говорить, что между механикой и электродинамикой целая пропасть. Это темное пятно современной науки у т. Цейтлина правильно вскрыто, и, наконец, у него мы находим ряд ценных замечаний, касающихся механики Ньютона. Ошибки же его, часто очень основательные, вроде тех, на которые обращено внимание в настоящей статье, вытекают из предвзятой мысли—из желания доказать, что вся наука и весь диалектический материал всецело растворяются в физике и философии Декарта.

[1]) Ответом т. А. К. Тимирязева редакция считает полемику между ним и т. Цейтлиным по данному вопросу в данной плоскости исчерпанной.

в такой области, где, по моему глубокому убеждению, нельзя будет добиться сколько-нибудь осязательных результатов.

С другой стороны, успешные попытки целого ряда физиков [1]) разрешить противоречия, в которых путаются современные физики-махисты, как будто ясно указывают, куда надо итти. Переходим теперь к возражениям тов. Цейтлина.

В основном, отвлекаясь от мелочей, у меня, по мнению т. Цейтлина, ошибки четырех типов:

1. Я подхожу к теории Эйнштейна как физик, а не как философ.

2. Я не умею угадывать, „что собственно хотел сказать мыслитель", когда он (мыслитель) по тем или другим соображениям, желая сказать одно, говорит и пишет совсем другое.

3. Я не понимаю, что значит „абстрактный"

и, наконец, самый тяжелый грех:

4. Я не понимаю, что эфир — это пространство, а пространство есть физическое тело, как тому учил Декарт, и потому я, наравне со всеми физиками нашей планеты, лью воду на мельницу идеалистов.

Рассмотрим по очереди эти четыре „ошибки".

1. Упрек в том, что я подхожу к теории Эйнштейна, как физик, а не как философ, в устах марксиста звучит по меньшей мере странно. Ведь, что такое физическая теория—даже и такая мало похожая на физику, как эйнштейновская,—как не попытка изобразить то, что есть? А если физика путем практики, путем опыта доказывает, что изображение не соответствует изображаемому, то этим спор и решен. Возьмем пример из другой области—имела ли бы для нас какую-либо ценность разновидность марксистской теории, которая не учитывает того факта, что значительная часть населения советского союза состоит из крестьян? Я полагаю, что такая „теория", несмотря на свою „марксистскую ученость", никуда не годится. У марксиста не может быть двух мерок: одной для его революционной практики, другой—для науки и философии. Марксист не может отделять теории от практики. Его диалектика несокрушима только тогда, когда он учитывает то, что есть—конкретные условия, в которых он должен действовать. Тов. Ленин разбил вдребезги философию эмпириокритицизма, опирающуюся будто бы на естествознание, именно потому, что он разобрался, между прочим, и в современной физике с такой же обстоятельностью—по-ленински,—как

---

[1]) Ср., напр., J.-J. Thomson, Намек на теорию строения света.—„Phil. Mag.", 1924, Oct. O. Wiener, Das Grundgezetz der Natur. Leipzig 1921. Н. П. Кастерин, О несостоятельности теории Эйнштейна,—„Известия Акад. Наук", 1918.

и в практике революционной борьбы. Без учета фактических данных диалектика в вопросах естествознания ровно ни к чему не приведет. У Плеханова это очень хорошо сформулировано: „У Гегеля диалектика совпадает с метафизикой. У нас диалектика опирается на учение о природе“, а физика как-ни как есть все-таки учение о природе. Боюсь, что, становясь на точку зрения тов. Цейтлина — „Пусть теория не верна... это нисколько не затрагивает соотношения между основами теории и основами материализма“,—мы диалектику, поставленную Марксом на ноги, поворачиваем опять на голову.

2. Тов. Цейтлин обвиняет меня в том, что я вырвал несколько фраз из Эйнштейна, вследствие чего развиваемая там мысль доведена до абсурда. Прежде всего мной приведены не одна и не две фразы, а почти три страницы (малого формата) из брошюры („Эфир и принцип относительности“—Эйнштейна), но не в этом дело. Послушаем самого тов. Цейтлина, изобличающего меня в искажении мысли Эйнштейна: „Если принять во внимание критику попыток механического объяснения электромагнитного поля, которую Эйнштейн дает в первой части своей речи (выводы этой части речи как раз и приведены в моей статье. *А. Т.*), то совершенно ясно, что собственно хочет сказать мыслитель (курсив наш. *А. Т.*). Он излагает общеизвестное учение о материи Римана-Клиффорда-Пирсона: материя и эфир (электромагнитное и гравитационное поле)—это образования, корни которых в четвертом измерении пространства (по Эйнштейну в 5-м, так как время считается четвертым измерением). Электромагнитное поле образуется вследствие колебаний (движений) в 4-м измерении, следовательно, его нельзя изучать при помощи трехмерных движений“. Мы подчеркнули слова тов. Цейтлина: „что собственно хочет сказать мыслитель“ потому, что напрасно бы стал читатель искать в брошюре Эйнштейна имена Римана-Клиффорда-Пирсона и пятое или четвертое измерение, на деле там речь идет о Ньютоне, Масквелле, Герце и Лорентце, которые говорили об эфире, существующем в трех измерениях, а не в четырех или пяти. Если тов. Цейтлину достоверно известно, что Эйнштейн хотел написать: „Риман-Клиффорд-Пирсон... четвертое и пятое измерение“, но, по ошибке или испугавшись чего-нибудь, фактически написал: „Ньютон-Максвелль-Герц... три измерения“, то, конечно, ему и книги в руки! Пишущий эти строки не обладает способностью чтения мыслей и потому вынужден ограничиваться тем, что написано, напечатано или сооб-

щено ему с помощью членораздельной речи. Мы имеем, однако, в статье тов. Цейтлина еще один пример того же самого „критического“ подхода. Разбирая мысли, высказанные Лоренцом в одной из его статей, тов. Цейтлин задает вопрос: „Не склоняется ли тут Лоренц к учению Римана-Клиффорда-Пирсона-Эйнштейна? Лоренц слишком осторожен, чтобы говорить об этом (курсив наш. *А. Т.*), но подобные фразы привели меня к утверждению, что эфир Лоренца уже не так далек от эфира Эйнштейна“. Опять то же самое: Лоренц хотел написать одно, но затем, испугавшись (чего—неизвестно. *А. Т.*), написал другое, тов. же Цейтлин, „видящий тайное, воздал ему явное“.

По этой самой причине и пишущий эти строки попал в нелепое положение. В самом деле, прочтя в статье тов. Цейтлина утверждение: „Опыт Майкельсона, повторенный несколько раз (1881, 1887, 1904, 1909), дал отрицательный ответ. Это великая победа механической картины мира и, следовательно, диалектического материализма, который полагает, что все явления природы—это движение материи“, я, грешный человек, немного посмеялся, так как опыт в 1922 году дал положительный результат, и подумал: как это теперь тов. Цейтлин будет спасать диалектический материализм? Оказывается,—очень просто...

Приведенные мною слова тов. Цейтлина имеют совершенно другой смысл, если их брать „с точки зрения исторической перспективы“ [1]). Действительно, при таких условиях стоит ли продолжать спор? Человек, одаренный способностью читать в мыслях и привыкший придавать одним и тем же словам десятки различных значений и оттенков, может, конечно, оставаться в полном сознании своей правоты, но, ведь, и возражающий ему с не меньшим основанием будет продолжать отстаивать свою точку зрения: ему нужны объективные данные, которых он при всем желании в возражениях противника не видит.

3. Тов. Цейтлин поучает меня насчет смысла слова „абстрактный“. Бывает,—говорит он,—конкретная материя, а бывает и абстрактная материя, материя „как, философская категория“. Все это для вразумления меня иллюстрируется на примерах абстрактного общественно-необходимого труда. Напрасно вы думаете, тов. Цейтлин, что я буду с пафосом восклицать: „Это труд, производящий сапоги и брюки,—абстракция“. Все это мне, как и многим другим, ясно; дело совсем не в этом.

---

[1]) Правда, в конце концов, т. Цейтлин признает, что его „тезис“ об опыте Майкельсона не совсем удачно сформулирован,

Позвольте и мне привести подобного же рода иллюстрацию для уяснения сути дела. Что бы вы сказали о таком мыслителе, который стал бы утверждать, что на-ряду с абстрактным трудом, производящим сапоги, не существует ни одного конкретного сапожника Иванова, Петрова или Сидорова, производящего конкретные сапоги, которые я потом сам надену, тогда как в вопросе о производстве брюк мы можем говорить и об абстрактном труде, производящем брюки, и о конкретных портных, шьющих конкретные брюки для X, Y или Z?

Вот против того исключительного положения, в которое в моем примере поставлены сапоги, а у вас, т. Цейтлин, поставлен эфир,—я только и протестовал.

Я, как физик, не могу рассматривать эфир иначе, как первичную материю. Я вовсе не склонен наделять ее всеми теми свойствами, какими наделено то, что мы обычно называем материей, атомом или электроном, т.-е. то, что является более сложной формой материи. Но, несмотря на это, эфир—все-таки материя, и как всякую материю его можно рассматривать различным образом: можно говорить о данной его части, например, об эфире, заключенном между данными двумя пластинками конденсатора, и можно говорить о количестве эфира, которое переносит с собой один электрон, не указывая какой именно. По-вашему же, если понимать ваши слова в буквальном смысле—как они написаны—эфир есть материя, от движения которой мы отвлеклись,—это абстракция и только. Потому что эфир конкретный, который движется,—это уже не эфир, а материя в обычном смысле слова, или вторичная материя. Эта путаница будет получаться до тех пор, пока мы будем придерживаться взгляда: пространство есть физическое тело. Соединяя воедино материю и пространство, мы приходим к той же путанице, как и соединяя материю и ее движение в одно—именно в энергию. Тов. Цейтлин очень хорошо знает, к каким последствиям приводит „энергетика“ и в этом отношении мы с ним вполне согласны. В вопросе же материя—пространство нам договориться очень трудно.

4. Тов. Цейтлин в своих возражениях задает мне длинный ряд вопросов: как я смотрю на соотношение пространства, времени и материи, какое значение я придаю вихревой теории материи, почему я допускаю „особую реальность“: „пространство, в котором эфир находится и движется“, и т. д. Оказывается, что без выяснения этих вопросов нельзя понять, почему я считаю учение Эйнштейна анти-материалистическим. Но по существу дела ответы на эти вопросы настолько хорошо известны тов. Цей-

тлину, что он в своих возражениях, не дожидаясь моего ответа уже дает ответ на них сам: „Тов. Тимирязев прежде всего физик (так точно! *А. Т.*), он твердо убежден в независимой реальности пространства (и в реальности времени также. *А. Т.*) и в реальности материи, которая движется в этом „абсолютно пустом ящике“. Последнее неверно, так как я наравне с физиками фарадеевской школы считаю, что пространство заполнено эфиром. Можно ли удалить из какого-либо сосуда эфир, или в этом сосуде, вследствие указанной операции (удаление эфира), самое пространство перестает существовать—я не знаю: такого рода опытов я не производил, не видал, как другие производили, и даже не слыхал и не читал о таких опытах ровным счетом ничего. Я знаю, что эта ссылка на отсутствие опытов с точки зрения т. Цейтлина есть тягчайший грех, так как для решения вопросов о пространстве, материи и эфире у нас имеются „врожденные идеи“, которыми наш мозг преисполнен. В нашем мозгу, оказывается, на все эти вопросы имеется готовый ответ [1]) и мы вовсе не нуждаемся в каких-то опытах. Я полагал и сейчас полагаю, что знакомство с тем, что добывается опытом, с тем, что существует в природе, для марксиста-диалектика гораздо существеннее и, главное, полезнее, чем рассуждения о „врожденных идеях“, хотя бы даже и в кавычках.

Тов. Цейтлин не понимает, почему я не соглашаюсь стать на точку зрения Декарта и признать, что пространство или эфир есть физическое тело. Ответ очень прост: потому что я не хочу плутать в трех соснах, как это иногда случается с тов. Цейтлиным.

Много раз пытался тов. Цейтлин растолковать нам, грешным физикам, как надо понимать „движение в пространстве“, но так ему и не удалось наглядно изобразить, как это эфир, т.-е. пространство, может двигаться в пространстве, т.-е. в эфире.

Попытки тов. Цейтлина изобразить идеальную жидкость в работах Гельмгольца, Кельвина, Биеркнеса и других физиков, работавших в области гидродинамики, как Декартово пространство, как физическое тело, относится уже опять к области чтения в мыслях. Эта идеальная жидкость рассматривается указанными авторами как движущаяся в пространстве, т.-е. в той

---

[1]) „Воинствующий Материалист“, сборник № 1: З. Цейтлин, Рациональный и формальный диалектический материализм, стр. 211: „Следовательно, геометрические представления являются, так сказать, „врожденными идеями“, т.-е. процессы нашего мозга, образовавшегося в итоге длительного развития, таковы, что они в совершенстве отвечают основным свойствам пространства“ (курсив наш. *А. Т.*).

непонятной „реальности“, которую „тов. Тимирязев признает на-ряду с эфиром“.

В одном я вполне согласен с тов. Цейтлиным—это в существенной роли вихревого движения. Силовые трубки Фарадея имеют очень много сходного с вихрями, и временный отказ от дальнейшего изучения электромагнитного поля, вызванный в значительной степени эйнштейновой попыткой воскресить махистский метод „чистого математического описания“—есть, несомненно, попятное движение в науке—регресс.

Не могу я согласиться с тов. Цейтлиным в том, что из теории Эйнштейна можно по произволу выкидывать то, что нам не нравится. Несмотря на мое отрицательное отношение к теории по существу, я все-таки должен сказать, что с формальной стороны она представляет собой стройное целое и из нее, как из песни, слова не выкинешь. Можно ли из этой теории взять некоторые из ее основных положений и из них уже построить физически приемлемую материалистическую теорию—не знаю. На основании современного состояния физики думаю, что наука пойдет другим путем.

В заключение тов. Цейтлин предупреждает меня о тяжелых последствиях моего пристрастия к физике: „Философские же следствия его (меня. *А. Т.*) мало беспокоят, но так как эти следствия (вытекающие из моего и других физиков отказа считать пространство физическим телом. *А. Т.*) выводятся ныне схоластами на основании ученых авторитетов, то мы считаем своим долгом предупредить тов. Тимирязева, что он своим авторитетом льет воду на мельницу идеализма“.

Итак, мои взгляды, как и взгляды всех физиков, льют воду на мельницу идеалистов. Странно только одно: такую же воду на мельницу идеалистов льют не только физики, но как будто бы и никто другой, как... Фридрих Энгельс.

В своих возражениях Дюрингу, Энгельс останавливается на его рассуждениях о том, что если нет никаких изменений, то нет и времени, потому что как в самом деле понимать накопление времени, лишенного содержания? На это Энгельс возражает: „что, измеряя подобное, лишенное содержания, время, мы ничего не получим, как и измеряя бесплодно, но и бесцельно пустое пространство (а не физическое тело, тов. Цейтлин! *А. Т.*), это мы знаем давно, и Гегель, именно вследствие скучного характера этой работы называет эту бесконечность злою. По мнению г. Дюринга, время существует только благодаря изменениям, а не изменения существуют

во времени и через посредство его. Но, ведь, именно потому, что время отлично, независимо от изменений — его можно измерять посредством изменений (не потому ли и пространство измеряется физическими телами—линейками, тов. Цейтлин? *А. Т.*), ибо для измерения всегда требуется нечто отличное от того, что подлежит измерению. Затем, время, в течение которого не происходит никаких удобопознаваемых изменений, далеко от того, чтобы не быть вовсе временем, напротив, это чистое, не осложненное никакими чуждыми элементами истинное время, время, как таковое“ [1]).

Или, может быть, Энгельс тоже подходил к этим вопросам, как физик, „не предвидя от сего никаких последствий“?

---

[1]) Ф. Энгельс, Анти-Дюринг, изд. „Московский Рабочий“, 1922 г., стр. 21.

XVIII.

Новейшие попытки воскресить телеологию в области физики.

„Надо помнить, что именно из крутой ломки, которую переживает современное естествознание, родятся сплошь да рядом реакционные философские школы и школки, направления и направленьица. Поэтому следить за вопросами, которые выдвигает новейшая революция в области естествознания и привлекать к этой работе в философском журнале естествоиспытателей,—это задача, без решения которой воинствующий материализм не может быть ни в коем случае ни воинствующим, ни материализмом“ [1]). Эти слова тов. Ленина невольно приходят на ум, когда знакомишься с некоторыми новейшими исследованиями в области теории света, авторы которых призывают отказаться от... закона причинности! Мы присутствуем сейчас при зарождении одной из тех мутных волн реакционной идеалистической философии, которая так ярко изображена тов. Лениным в его „Материализме и эмпириокритицизме“,—мы говорим при зарождении, так как философы еще не успели ухватиться за эти, в лучшем случае неосторожные, фразы нескольких физиков, и потому новая вспышка борьбы против материализма еще не успела как следует развернуться.

По существу дело сводится к тому же самому, о чем писал тов. Ленин семнадцать лет тому назад: часть весьма выдающихся физиков, в силу некоторых объективных причин, о которых у нас речь будет впереди, в своих исследованиях стала на точку зрения философии Маха. Печальные последствия этого ложного шага, принявшие теперь особенно уродливые формы, уже налицо. На этот раз боевые действия разыгрываются на почве теории квант.

---

1) Н. Ленин, „Под Знаменем Марксизма“, № 3, стр. 9, 1922 г.

Теория квант, глубоко проникшая почти во все области современной физики, переживает сейчас тяжелый кризис. Эта теория, причудливо соединявшая в себе целый ряд положений электродинамики и Ньютоновой механики на-ряду с допущениями, которые находятся в явном противоречии с этими классическими основами физики, поражала всякого обилием блестящих побед, которые она с такой, казалось, легкостью одерживала вплоть до последнего времени. Победы эти заключались в установлении количественной связи между самыми разнообразными явлениями, на первый взгляд не имеющими между собой ничего общего. Удельная теплота какого-либо твердого тела, например, оказывается связана с его оптическими свойствами—спектрами поглощения. Основная величина в теории квант или так называемая постоянная Планка h играет существенную роль в процессах, связанных с лучистой энергией, определяет строение атома и, наконец, выступает в количественных соотношениях, характеризующих самые разнообразные молекулярные процессы.

Если невязки в основных положениях теории, отсутствие каких-либо указаний, где именно законы классической физики должны быть дополнены и обобщены, а также и полное отсутствие ясных моделей, наглядно изображающих процессы, подчиняющиеся квантовым законам, порой и смущали кое-кого из физиков, не смешивающих физику с математикой, то все эти сомнения отступали на второй план благодаря новым и новым победам. Известно, ведь, победителей не судят!

Такое отношение к теории квант вполне понятно и законно. Ведь, если мы нашли математические формулы, пусть физически еще не объясненные, но которые позволяют установить совершенно неожиданные связи между самыми, казалось бы, разнородными явлениями, и опыт эту связь подтверждает, то вполне естественно эти формулы заслуживают самого серьезного внимания. Но как раз именно здесь, на этой ступени, и начинается разногласие между исследователем-материалистом и махистом. Формальное математическое описание,—если оно удачно, как это имеет место в теории квант,—в лучшем случае первая ступень, начало исследования. Настоящий физик-материалист должен стараться объяснить физический смысл непонятной ему формулы, и, если это ему не удастся, он должен постоянно напоминать: вот куда должны быть направлены все силы исследователей, надо же, наконец, разрешить загадку, постараться понять непонятное! Для махиста формальное математическое описание и есть единственное содержание науки, всякая попытка объяс-

нять явление отвергается, как „материалистическая метафизика“. Так как учение о квантах чуть не каждый день выдвигало новые и новые соотношения, оправдывавшиеся на опыте, то естественно, что исследователи в этой области шли по линии наименьшего сопротивления, не пытаясь решать основной задачи, не пытаясь наглядно физически объяснить себе, что же в самом деле представляют из себя эти „квантовые условия“, из которых, как из сказочного рога изобилия, сыпались подтверждаемые на опыте выводы? Таким образом создавалась благоприятная почва для махизма: найти объяснение уравнениям трудно— до сих пор никому не удалось, применяя же эти непонятные уравнения, мы получаем один за другим интереснейшие результаты! Зачем же ломать голову? Ведь, формальное математическое описание дает все, что нам нужно! Именно эти нотки сквозят в конце нобелевской речи Бора [1]).

Но вот, с одной стороны, победы стали все реже и реже, а, с другой, все яснее и яснее стали выступать противоречия, с которыми никак нельзя было справиться с помощью имевшегося в распоряжении арсенала математических формул. Можно без всякого преувеличения сказать, что вчерашние победители окончательно потеряли голову, так как только люди, доведенные до полного отчаяния, могут договориться до того, что единственный выход из накопившихся противоречий—это „телеологическое преобразование понятия причинности“ и „отказ от установившегося в естествознании пространственно-временного описания“! Тов. Ленин в своем „Материализме и эмпириокритизме“ указывал, что „естествознание не выходит за пределы времени и пространства, за пределы материального мира, предоставляя сие занятие профессорам реакционной философии“. Оказывается, что в наши дни, в эпоху развала капиталистического мира, реакционная философия начала проникать даже в область естествознания! Спрашивается: как могли выдающиеся люди науки дойти „до жизни такой“ и что, собственно говоря, случилось?

Постараемся разобраться.

Еще в 1885 году Бальмер показал, что числа колебаний ν, соответствующие всем спектральным линиям водородного спектра, могут быть получены из одной и той же эмпирической формулы

$$\nu = R\left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{k^2}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

---

[1]) См. Н. Бор, О строении атомов—„Под Знаменем Марксизма“, № 10, 1923, стр. 133.

где R—определяемая из опыта постоянная, а k—любое целое число, начиная с 3. Формулу Бальмера проверяли следующим образом: число колебаний ν для первой спектральной линии в известном тогда ряде спектральных линий водородного спектра—это число было определено путем обычных спектрометрических измерений—вставляли вместо ν в формулу (1), вместо k вставляли 3. Таким образом получалось значение постоянной R. Дальше в формулу подставляли вместо k числа: 4, 5, 6 и т. д. и находили соответствующие числа колебаний для второй, третьей и т. д. линий водородного спектра. Эти числа, можно сказать, с исключительной точностью совпадают с результатами спектрометрических измерений! С точки зрения философии Маха на этом должно заканчиваться всякое научное исследование. Формула (1) представляет собой в высшей степени краткое, а потому и „экономное“ описание спектра водорода. Не удовлетворившись этим описанием, Бор в 1913 году построил модель атома водорода, состоящую из центрального положительно заряженного ядра и одного электрона, вращающегося вокруг ядра по одной из так называемый „устойчивых“ орбит, для нахождения которых Бор указал определенные правила. Это был сильный удар по теории „чистого описания“. Если мы станем на точку зрения Бора, то для выражения энергии электрона, вращающегося на любой из устойчивых орбит, мы получаем следующее выражение,

$$E_k = C - Rh.\frac{1}{k^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (2)$$

где C — постоянная величина, равная энергии электрона, удаленного от ядра на бесконечно большое расстояние, h—планковская постоянная, а R—постоянная, входящая в состав формулы Бальмера. Чтобы получить величины энергии для первой, второй и т. д. орбиты, надо вместо k подставлять: 1, 2, 3 и т. д. Тогда, с этой точки зрения, Бальмеровская формула приобретает следующий вид

$$E_k - E_2 = h\nu \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (3)$$

В самом деле, полагая в формуле (2) $k=2$, мы получаем $E_2 = C - Rh\frac{1}{2^2}$ и, вычитая полученное выражение из (2), находим $E_k - E_2 = Rh\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{k}\right)$, но по формуле Бальмера $R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{k^2}\right) = \nu$, откуда $E_k - E_2 = h\nu$, т.-е. (3). Какой смысл имеет уравнение (3)? E_k есть энергия электрона на орбите порядка k, например, на

3-й, 4-й, 5-й и т. д. E_2—энергия электрона на второй орбите, считая от ядра атома. Таким образом, если электрон перескакивает с орбиты k на вторую, то он должен потерять количество энергии $E_k - E_2$, и вот эта энергия преобразуется в один „квант" лучистой энергии $h\nu$. Ясно, что если мы будем менять k, т.-е. будем рассматривать перескакивание электрона с различных орбит на вторую, то мы будем получать лучистую энергию различной частоты ν, т.-е. будем получать различные спектральные линии, при чем у нас будут получаться различной величины „кванты энергии" $h\nu$, в зависимости от величины разности $E_k - E_2$. Но, как показал Бор, электроны не всегда в водородных атомах перескакивают на вторую орбиту, и, действительно, при некоторых условиях водород испускает другие „серии" спектральных линий, определяемые уравнениями $E_k - E_1 = h\nu$ и $E_k - E_3 = h\nu$. Эти спектральные линии получаются, когда электроны с более отдаленных орбит перескакивают на первую устойчивую орбиту вблизи ядра или на третью. Бальмерова серия, как мы видели, соответствует перескоку электронов на вторую орбиту (считая от ядра). Во всей модели Бора физически непонятно, почему указанные Бором, как „устойчивые", орбиты действительно устойчивы. Неясно, почему электрон при движении по устойчивой орбите не излучает. И, наконец, неясно, какими причинами вызывается прыжок электрона, и почему в одних случаях электрон попадает на вторую орбиту, в других—на первую или на третью? Объяснить это Бор не мог, и потому он в этом случае ограничился „математическим описанием". Он дал „правило", по которому можно находить „устойчивые" орбиты; для этих орбит обычным „классическим" способом вычисляется энергия на основании конкретной модели атома—неизвестно только, почему эти орбиты устойчивы.

Далее излучение определяется формулой (3) без всякого указания на механизм этого излучения. Отсюда ясно, что Бор только в одной части преодолел „экономное описание" Маха, но и это сопровождалось громадным поступательным движением нашей науки, отчасти же он остался при формальном математическом описании, не пытаясь наглядно изобразить тот физический процесс, который соответствует в природе этим голым формулам. Как бы то ни было, но спектр водорода и ионизованного атома гелия оказался изученным во всех деталях: малейшие детали оказались предусмотренными той системой уравнений, которые были установлены Бором. Но, ведь, научная мысль не стоит. Вслед за решенными задачами возни-

кают новые, и вот тут-то оказалось, что теория в некоторых отношениях бессильна; она не может ответить на вопрос, сколько времени длится прыжок электрона с орбиты на орбиту. Может ли дать уравнение (3) ответ на этот вопрос? Ясно, что нет. Уравнение (3) есть не более, как баланс энергии: сколько энергии теряется электроном при перескакивании, столько должно появиться лучистой энергии. Но, ведь, этого всего еще мало для уразумения самого механизма процесса перескакивания? Разве можно, например, отметив по счетчику количество электромагнитной энергии, отпущенной тому или другому абоненту, сказать, как он использовал эту отпущенную ему энергию, были ли у него угольные лампы или в бо́льшем количестве экономические? Частое же и притом удачное использование уравнения $E_k - E_2 = h\nu$ создало у некоторых из физиков какой-то своеобразный „математический фетишизм“: решение всех трудностей можно искать только в данной системе уравнений, которые должны быть верны! Посмотрим, к чему приводит этот фетишизм. Пусть один раз электрон перескакивает с пятой орбиты на вторую: мы имеем

$$E_5 - E_2 = h\nu' \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (4)$$

пусть другой раз электрон с той же 5 орбиты перескакивает на третью. Согласно уравнению Бора, мы будем иметь $E_5 - E_3 = h\nu''$ (4'), излучение будет другого типа, так как разности энергий в двух случаях (4) и (4') неодинаковые.

Далее спросим себя, когда электрон излучал энергию? В промежуток времени после того, как он соскочил с пятой орбиты и перед тем, как он попал на вторую или третью. Но, ведь, вылетая из одного и того же начального положения, электрон попадает в различные конечные положения: в первом случае на вторую орбиту, во втором на третью. Излучать же он начинает сразу—в первом случае волны частоты ν', во втором—ν''. Стало быть, электрон как будто бы „знает“ наперед, где он остановится, и сообразно с этим начинает испускать волны либо частоты ν', либо частоты ν''!

Послушаем, как подходят к этому вопросу крупнейшие авторитеты в области теории квант. Зоммерфельд в своей речи на съезде естествоиспытателей и врачей в Иннсбруке (21—27 сентября 1924 г.) по поводу того, что излучение определяется не только начальным, но и конечным состоянием атома, говорит следующие знаменательные слова: „Это до известной степени противоречит усвоенному нами чувству причинности, в согла-

сии с которым мы полагаем, что течение процесса уже определено начальными данными. Мне кажется возможным, что наш опыт в области квант в этом отношении может изменить наши представления. Уже часто указывали, что условие излучения по Бору предполагает, что атом заранее знает, в каком он окажется состоянии, и только тогда он может излучать. В этом случае, так же, как и в принципе наименьшего действия, мы становимся на телеологическую, а не на причинную точку зрения. Такая телеологическая перестройка понятия причинности, кажется мне, в меньшей степени противоречит теории квант, чем классической теории" [1]) (! *А. Т.*).

А вот что по тому же поводу за несколько месяцев перед тем было написано в коллективной статье Бора, Крамерса и Слатера. Эта статья послужила, между прочим, темой для дискуссии на съезде физиков в Ленинграде. „Хотя закон соответствия (одно из положений теории квант, установленное Бором. *А. Т.*) дает возможность на основании подсчета вероятности перехода (из одного устойчивого состояния в другое. *А. Т.*) делать заключения о средней продолжительности промежутка времени, в течение которого атом находится в данном стационарном состоянии, однако перед нами встают громадные трудности при решении задачи о промежутке времени, в течение которого происходит излучение, соединенное с переходом (из одного стационарного состояния в другое. *А. Т.*). Действительно, вместе с другими хорошо известными парадоксами теории квант, упомянутое затруднение подкрепляло сомнения, высказывавшиеся с разных сторон: может ли вообще детальное истолкование взаимодействия материи и лучистой энергии быть выражено причинным описанием в пространстве и во времени того типа, как это употреблялось до сих пор для истолкования естественных явлений [2]) (курсив наш! *А. Т.*).

Дальше уже итти, кажется, некуда!

Пишущему эти строки пришлось высказаться по поводу теории атома Бора [3]) и указать, что нам в настоящее время еще неизвестны те непрерывные процессы, которые приводят к скачкам, т.-е. к перескакиванию электрона с одной устойчивой орбиты на другую. Весьма возможно, что эти неизвестные нам

---

[1]) A. Sommerfeld, Grundlagen der Quantentheorie und des Bohrschen Atommodelles,—„Die Naturwissenschaften", XII. Jahrgang, Heft 47, S. 1048.

[2]) „Philosophical Magazine", Vol. 47, S, 790, 1924.

[3]) „Под Знаменем Марксизма" 1923 г. Настоящий сборник VII.

пока процессы в конечном счете и определяют, на какую орбиту данный электрон перепрыгнет, так что весь процесс излучения определяется предшествующей „историей“ электрона. Эти процессы могут вовсе не отражаться в окончательном балансе энергии, выраженном в уравнении

$$E_k - E_2 = h\nu \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (3)$$

Мы знаем много примеров, когда уравнение энергии, давая только общую картину процесса, не решает вопроса о деталях, часто весьма существенных. Так, например, если мы из горного озера спускаем воду в реку, впадающую в море, уравнение энергии может дать нам только окончательный прирост кинетической энергии воды, определяемый разностью уровней озера и моря и независящий от пути, по которому бежит вода; но, ведь, мы в данном случае практически будем иметь разные результаты, если вода, спускаясь с уровня озера к морю, будет стекать на протяжении 30 километров с малым уклоном или на протяжении нескольких десятков метров в виде водопада. Точно так же в термодинамике направление процесса не определяется уравнением энергии: для этого приходится пользоваться уравнением второго закона термодинамики—закона рассеяния энергии.

Несомненный успех теории квант заставил работающих в этой области уверовать, что „квантовые условия“, в число которых входит и уравнение (3), есть абсолютная истина, есть окончательный ответ самой природы, не подлежащий никаким поправкам, а потому во всех затруднениях надо апеллировать только к этим уравнениям. Этот, повторяем, весьма своеобразный математический фетишизм вполне ясно изложен Зоммерфельдом в упомянутой выше речи: „До тех пор, пока существуют естественные науки (а кто предвидит их скорую кончину? *А. Т.*), мы, во всяком случае, должны требовать однозначной определенности всего происходящего и доступного нашему наблюдению, мы должны требовать математической достоверности законов природы. Как получается эта однозначность, дается ли она только начальным состоянием или совместно начальным и конечным состоянием, мы не можем знать a priori, но мы должны узнать это от самой природы“ (!). А фактически за однозначный ответ природы принимается эмпирически установленное уравнение, физического смысла которого мы еще не знаем. Заслуживают внимания также и взгляды Зоммерфельда на значение наглядных конкретных моделей, объясняющих явления природы. „В связи с этим я хотел бы сказать несколько слов о надежности наших

моделей. Трудности, которые в наше время все яснее и яснее выступают в физике атома, кажутся мне в меньшей степени зависящими от чрезмерного использования теории квант, чем в чрезмерной (курсив наш. *А. Т.*) уверенности в реальности наших моделей". „Модель атома есть скорее схема вычисления, чем изображение реального состояния. С точки зрения наглядности наших моделей—это вывод крайне прискорбный, но он все-таки приемлем с точки зрения нашего требования однозначной математической определенности теории".

Итак, пусть мы никогда не сможем получить наглядной картины, хотя бы и очень неполной, того, что есть, зато у нас в руках математическая однозначность!

Рассмотрим теперь новейший вариант квантовой теории спектральных линий по Бору, Крамерсу и Слатеру, изложенной авторами в цитированной выше статье.

Одно из самых крупных противоречий в первой теории Бора, которой мы коснулись в самом начале статьи, заключается в том, что электрон, вращающийся по замкнутой орбите—одной из так называемых устойчивых орбит, совершенно не излучает энергии, тогда как по классической электродинамике он должен бы излучать электромагнитные волны. Как разрешает это противоречие Бор? Он отказывается от прежнего своего толкования и утверждает: электрон излучает, согласно требованиям классической электродинамики, но излучает волны, энергия которых... равна нулю!

Все останется по-старому, только... только волны лишаются энергии!

Перескакивание электронов упраздняется (марксисты, обрадовавшиеся „скачкам", должны притти в уныние!); лучистая же энергия, которая получалась в первом варианте при перескакивании с орбиты на орбиту, в новой теории соответствует излучению „виртуального" электрона (т.-е. попросту фиктивного), который должен вращаться с частотой ν, соответствующей формуле $E_k - E_2 = h\nu$. Таким образом, по новой теории Бора, всем возможным перескакиваниям электрона с одной орбиты на другую прежней модели соответствует излучение, лишенное энергии, но протекающее согласно формулам классической электродинамики (кроме положения, что энергия равна нулю! *А. Т.*) и вызываемое виртуальными электронами, находящимися в очень большом числе в атоме. Обмен же энергией и количеством движения происходит независимым от волн способом. Так процесс передачи энергии от солнца к земле по этой новой теории происходит

так. Солнце испускает волны, лишенные энергии, но время от времени в атомах, составляющих солнце, известное количество квант энергии $h\nu$ исчезает, т.-е. начисто переходит в небытие! Примерно через 8 минут в атомах, составляющих земной шар, возникает соответствующее число квант $h\nu$: из небытия переходят в бытие! Таким образом, по Бору, закон сохранения энергии выполняется статистически, если рассматривать достаточно большой промежуток времени и достаточно большую область нашего мира. Непосредственной связи между исчезнувшей энергией на солнце и появившейся на земле, по теории, не существует. К этому надо добавить, что если атомы и составляющие их электроны движутся, то соответствующие им „виртуальные" электроны должны двигаться не с теми скоростями, с какими движутся их носители! И все это черным по белому напечатано в серьезных научных журналах! Очень поучителен вывод, к которому приходят авторы этой статьи: „что в этом случае виртуальный вибратор движется со скоростью, отличной от скорости освещенных электронов,—есть безусловно особенность, не свойственная классическим представления. Но при современном состоянии науки, как нам кажется, не следует отвергать, как неприемлемое, формальное истолкование (курсив наш. *А. Т.*) вроде рассмотренного нами, только из-за того, что оно принципиальным образом расходится с классическим пространственно-временным описанием (курсив наш. *А. Т.*): это противоречие заложено уже в самой идее виртуальных вибраторов".

Перед нами довольно жуткая картина: выдающиеся ученые, к словам которых еще вчера прислушивался весь ученый мир нашей планеты, проповедуют безудержный формализм, заявляют, что формулы, физического смысла которых они не понимают и которого, по их мнению, даже искать нельзя,—есть окончательное и бесповоротное откровение самой природы, призывающее нас к телеологическим „объяснениям" и к отказу от закона причинности!

На-ряду с этим Зоммерфельд делает оговорку: „до тех пор, пока естествознание существует". Что же ему угрожает? Об этом у Зоммерфельда ни слова! Но как, с другой стороны, эта растерянность людей науки гармонирует с общей растерянностью современного нам буржуазно-капиталистического мира. В другой речи несколько лет назад Зоммерфельд объясняет, что успех теории относительности и широкий интерес, пробуждаемый ею в широких кругах мыслящего человечества, лежит „в по-

требностях ума нашего больного времени“ и в „необходимости отвлечься от ужасающей действительности, переходя в область отвлеченной науки, законы которой не могут диктоваться грубым произволом“ (!).

Отвернемся, однако, на несколько минут от этих несомненных признаков разложения, дошедших даже до области науки. Совсем недавно в октябрьской книжке того же „Philosophical Magazine“, где напечатана была статья Бора, Крамерса и Слатера, появилась небольшая статья одного из величайших физиков нашего времени Дж.-Дж. Томсона, носящая скромное название—„Намек на теорию строения света“. В этой статье дается гениальное по простоте разрешение основного противоречия теории квант. Волнообразное распространение света предполагает непрерывные вереницы волн, по теории же квант лучистая энергия выделяется и поглощается отдельными „сгустками“, т.-е. прерывно. Томсон показывает, что кванты укладываются в одну стройную схему с волнами. Как и в прежних работах, он воспользовался представлением Фарадея о силовых трубках, которые рассматриваются как нечто реальное, — наиболее близкое подобие этим трубкам мы имеем в вихревом движении. Таким образом, то, что мы называем, по терминологии Фарадея, силовой трубкой, есть вихревой столб в эфире. При некоторых условиях, как показывает Томсон, при колебании электрона, находящегося на конце такой силовой трубки, трубка изгибается петлей,—петля отрывается наподобие вихревого кольца, выпускаемого курильщиками, и в этом кольце сосредоточивается большое количество электромагнитной энергии. Такое кольцо все время колеблется и, согласно уравнениям электродинамики, должно двигаться со скоростью света по направлению, перпендикулярному к плоскости кольца. Колеблющиеся силовые трубки представляют собой волны, замкнутое кольцо — „квант“. Томсону удалось таким путем истолковать все наиболее существенные стороны как теории квант, так и классической волнообразной теории. Всякого физика, знакомого с предшествующими работами Томсона, особенно поражает, насколько непринуждённа его теория; разбираемая им модель целиком вытекает из уравнений классической электродинамики: она вся теоретически обоснована и не содержит почти ничего произвольного. Эта сторона дела, несомненно, ускользнет от тех, кто уже забыл о прежних работах Томсона, и потому весьма возможно, что некоторое время эта работа не будет находить сколько-нибудь широкого отклика.

Метод, которым пользуется Томсон, не раз уже его выручал.

Напомним, что Томсон первый дал физически понятное объяснение электромагнитной массе электрона и ее возрастанию вместе с увеличением скорости.

Физики же, работавшие в той же области „описательными“ методами, в той же области приходили к выводам о „дематериализации материи“!

Далее Томсон первый указал, что масса „энергии“ есть по существу масса эфира, увлекаемого силовыми трубками при своем движении, и тем самым, по всей вероятности не отдавая себе отчета, нанес сильнейший удар попыткам подорвать самые основы материализма. И, наконец, теперь мы видим, как, руководствуясь тем же самым методом, он наглядно разрешает противоречия теории квант, которые довели сторонников метода „математического описания“, отрицающих даже самую возможность употребления наглядных моделей... до отказа от закона причинности!

Все это заставляет серьезно задуматься над теми методами, которыми работают сейчас люди науки. Многие из марксистов готовы сказать: какое нам дело, как работают физики, химики и биологи в области своей специальности? Материалист не может выдвигать ту или другую теорию, ему важна философская сторона дела, а детали—это дело специалистов. С такими взглядами приходится встречаться теперь буквально на каждом шагу.

Но вот теперь перед нами пример. Ряд крупнейших представителей физики пользуются одними только математическими уравнениями, отрицают не только необходимость, но и даже самую возможность пользования конкретными наглядными моделями и... договариваются до отказа от закона причинности!

Другой физик — Томсон идет по пути, указанному Фарадеем и Максвеллом, каждый шаг своих вычислений он воплощает в конкретные наглядные образы, в конце концов приходит к блестящим результам и ни на минуту не порывает с настоящим здоровым, хотя, быть может, и не сознанным материализмом.

Не указывают ли эти факты на то, что единственный путь преодолеть реакционные философские „направления и направленьица“, основывающиеся на современном естествознании,— есть путь, указанный Лениным в его „Материализме и эмпириокритицизме“, путь детального изучения производства самой науки и методов исследовательской работы. Идя по этому пути, мы сразу видим, что даже в эпохи сильного „шатания мысли“ далеко не все представители естествознания сбиваются с правильного пути, и что „физики реалистической школы не менее удачно система-

тизируют факты и открытия последних лет, чем физики символистской школы, что существенная разница состоит „только“ в гносеологической точке зрения“ [1]). И вывод остается все тот же

„Ход развития естествознания, несмотря на все его шатания и колебания, несмотря на всю бессознательность материализма естественников, несмотря на вчерашнее увлечение модным „физиологическим идеализмом“ или сегодняшнее модным „физическим идеализмом“, отбрасывает прочь все системки и все ухищрения, выдвигая снова и снова „метафизику“ естественно-исторического материализма“ [2]).

---

[1]) Материализм и эмпириокритизм, стр. 295, изд. 1920 г.
[2]) Там же, стр. 358.

Таблица I. Периодическая система элементов Д. И. Менделеева по новейшим данным.

	1 Водород H = 1,008									
2 Гелий He = 4,00 (4)	3 Литий Li = 6,94 (6, 7)	4 Берилий Be = 9,1	5 Бор B = 10,9 (10, 11)	6 Углерод C = 12,00 (12)	7 Азот N = 14,01 (14)	8 Кислород O = 16,00 (16)	9 Фтор F = 19,00 (19)			
10 Неон Ne = 20,2 (20, 22)	11 Натрий Na = 23,00	12 Магний Mg = 24,32 (24, 25, 26)	13 Алюминий Al = 27,2	14 Кремний Si = 28,3 (28, 29)	15 Фосфор P = 31,04 (31)	16 Сера S = 32,06 (32)	17 Хлор Cl = 36,46 (35, 37)			
18 Аргон A = 39,88 (36, 40)	19 Калий K = 39,1 (39, 41)	26 Кальций Ca = 40,07 (40, 44)	21 Скандий Sc = 44,1	22 Титан Ti = 48,1	23 Ванадий Va = 51,06	24 Хром Cr = 52	25 Марганец Mn = 54,93	26 Железо Fe = 55,85	27 Кобальт Co = 58,97	28 Никкель Ni = 58,68 (58, 60)
	29 Медь Cu = 63,57	30 Цинк Zn = 65,37 (64, 66, 68, 70)	31 Галлий Ga = 69,9	32 Германий Ge = 72,5	33 Мышьяк As = 74,96 (75)	34 Селен Se = 79,2	35 Бром Br = 79,92 (79, 81)			
36 Криптон Kr = 82,92 (78, 80, 82, 83, 84, 86)	37 Рубидий Rb = 85,45 (85, 87)	38 Стронций Sr = 87,83	39 Иттрий Y = 88,7	40 Цирконий Zr = 90,6	41 Ниобий Nb = 93,5	42 Молибден Mo = 96,0	43 ?	44 Рутений Ru = 101,7	45 Родий Rh = 102,9	46 Палладий Pd = 106,7
	47 Серебро Ag = 107,88	48 Кадмий Cd = 112,4	49 Индий In = 114,8	50 Олово Sn = 118,7	51 Сурьма Sb = 120,2	52 Теллур Te = 127,5	53 Иод Id = 126,92			
54 Ксенон Xe = 130,2 (128, 130, 131, 132, 134, 136)	55 Цезий Cs = 132,81	56 Барий Ba = 137,37	57 Лантан La = 139,0	58 Церий Ce = 140,25	59 Празеодим Pr = 140,6	60 Неодим Nd = 144,3	61 ?			
	62 Самарий Sa = 150,4	63 Европий Eu = 152,0	64 Гадолиний Gd = 157,3	65 Тербий Tb = 159,2	66 Диспрозий Ds = 162,5	67 Хольмий Ho = 163,5	68 Эрбий Er = 167,7			
	69 Туллий Tu = 168,5	70 Иттербий Ad = 173,5	71 Лютеций Lu = 175	72 Кельтий Ke = 178	73 Тантал Ta = 181,5	74 Вольфрам W = 184,0	75 ?	76 Осмий Os = 190,9	77 Иррядий Ir = 193,1	78 Платина Pt = 195,2
	79 Золото Au = 197,2	80 Ртуть Hg = 200,6 (197.....204)	81 Таллий Tl = 204 (IV)	82 Свинец Pb = 207,2 (XI)	83 Висмут Bi = 208 (V)	84 Поллоний Pol (VII)	85 ?			
86 Эманация радия Em = 222 (III)	87 ?	88 Радий Rd = 226 (IV)	89 Актиний Act (II)	90 Торий Th = 232,15 (VI)	91 Уран XII (II)	92 Уран Ur = 238,2 (II)				

Крупные цифры в левом верхнем углу каждой клетки означают порядковое число элемента, совпадающее с числом элементарных положительных свободных зарядов ядра атома. Числа, стоящие после знака равенства, означают атомный вес по данным химического анализа. Числа в скобках означают атомные веса изотопов — разновидностей данного элемента по измерениям Астона. Там, где атомные веса не вполне установлены, в скобках стоит только число изотопов (римские цифры).

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
I. На границе физики и химии	5
II. Периодическая система элементов Менделеева и современная физика	24
III. Принцип относительности	46
IV. Внутриатомная энергия	69
V. Опровергает ли современная электрическая теория материи — материализм	87
VI. Поход современной буржуазной науки против материализма в области естествознания	96
VII. Теория „квант“ и современная физика	114
VIII. Диалектический метод и современное естествознание	140
IX. Гельмгольтц и современная физика	160
X. Мироздание в свете новых исследований	174
XI. Несколько замечаний по поводу наступления на материализм тов. Гольцмана	183
XII. Эйнштейн, материализм и тов. А. Гольцман	198
XIII. Ленин и современное естествознание	208
XIV. Какие задачи должны ставить себе физико-математические факультеты наших университетов	220
XV. Теория относительности Эйнштейна и махизм	228
XVI. Теория относительности Эйнштейна и диалектический материализм	259
XVII. Ответ на возражения тов. Цейтлина	309
XVIII. Новейшие попытки воскресить телеологию в области физики	317

Цена **2** руб. **50** коп.

СКЛАД ИЗДАНИЯ:
Москва, Торгсектор Госиздата, Ильинка, Богоявленский пер.