

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ ПЕРВОЕ
МАТЕРИЯ И ЭФИР

МАТЕРИЯ И ЭФИР.

УЖ. ДЖ. ТОМСОН.

Получив приглашение прочесть лекцию в память Адамсона, я долго колебался принять приглашение. Мне казалось, что я мало подготовлен к такой лекции, которая должна быть прочитана в память великого учителя метафизики. Мои сомнения, однако, исчезли, когда я вспомнил о широких симпатиях профессора Адамсона ко всем формам духовной деятельности и об обширности области самой метафизики. Действительно, в физике имеется такая область, проблемы которой очень напоминают проблемы, которыми занимается метафизика. Такою, например, является та ветвь физики, которая занимается не открытием новых или практическим использованием старых явлений, но старается привести во взаимную связь такие явления, которые в своем внешнем проявлении так различны между собою, как свет и электричество, звук и механические явления, теплота и химические действия. Для многих эта сторона физики наиболее привлекательна. Они находят в физическом мире с его бесконечным разнообразием явлений проблему неисчерпаемого и непреодолимого очарования. Их удручают те разнообразие и многообразие, которые мы наблюдаем вокруг себя, и это заставляет их искать такую точку зрения, с которой световые явления, тепловые явления, электрические и химические явления являются различными проявлениями немногих основных начал. Рассматривая вселенную, как машину, они интересуются не только тем, что она приносит, а тем, как она построена и как она действует; и если им удастся, хотя бы для собственного удовлетворения, решить малую часть этой проблемы, то они испытывают такое удовольствие, что для них вопрос о значении гипотезы кажется настолько же праздным, как вопрос о значении поэзии, о значении музыки или философии.

Новейшие исследования в области электричества сильно способствовали объединению различных ветвей физики, и я хочу в сегод-

нашней вечер направить ваше внимание на некоторые выводы, к которым привело применение к этим исследованиям принципа равенства действия и противодействия — третьего закона движения Ньютона.

Согласно этому закону в каждой замкнутой системе, т. е. системе, не подвергающейся влиянию других систем, полное количество движения постоянно, так что если какая-нибудь часть этой системы увеличивает свое количество движения, то одновременно другая часть системы должна на столько же уменьшить свое количество движения. Этот закон образует не только основу нашей обычной динамики, но стоит в тесной связи с нашей интерпретацией важного принципа сохранения энергии; без него этот принцип потерял бы много в своем значении. Согласно этому принципу, сумма кинетической и потенциальной энергии системы постоянна. Остановимся на минутку на том, как мы должны оценивать кинетическую энергию. Предметы в этой комнате кажутся нам находящимися в покое, и потому их кинетическая энергия равна нулю. Напротив, наблюдателю на Марсе покажется, что эти предметы не находятся в покое, а движутся со значительной скоростью, ибо они будут иметь ту скорость, с которой земля вращается вокруг своей оси, и ту скорость, с которой земля движется по своей орбите вокруг солнца. Таким образом оценка кинетической энергии со стороны жителя Марса будет сильно отличаться от нашей оценки. Спрашивается, согласуется ли принцип сохранения энергии с обеими оценками кинетической энергии, или же он зависит от координатной системы, которую мы пользуемся для измерения скорости тела. Легко доказать, что если действие равно противодействию, то принцип сохранения энергии сохраняет свое значение независимо от тех координатных осей которыми мы пользуемся для измерения скорости; если же, напротив, действие и противодействие не равны между собою и не направлены друг против друга, то принцип имеет силу только тогда, когда скорость измерена по отношению к одной определенной координатной системе.

Принцип равенства действия и противодействия есть поэтому одна из основ механики, и система, в которой этот принцип не имеет силы, не может быть представлена никакой механической моделью. Изучение электричества знакомит нас с такими случаями, когда действие, повидимому, не равно противодействию. Если, например, два наэлектризованных тела А и В быстро движутся, то по законам учения об электричестве мы можем вычислить те силы, с которыми они

действуют друг на друга, и мы находим, что сила, с которой А действует на В, не будет равна и противоположна той силе, с которой В действует на А, исключая тот случай, когда тела движутся с одинаковой скоростью в одном и том же направлении; таким образом, количество движения системы, составленной из А и В, не остается постоянным. Если бы мы из этого обстоятельства заключили, что наэлектризованные тела не подчиняются третьему закону движения и что невозможно поэтому дать механическое объяснение силам, действующим между такими телами, то мы должны были бы отказаться от намерения вывести электрические явления из свойств движущейся материи. К счастью, в этом нет необходимости. Мы можем по известному образцу вызвать к бытию новый мир, чтобы заполнить им прорехи старого. Мы можем предположить, что с А и В связана другая система, которая, несмотря на свою невидимость, обладает массой и потому способна накапливать количество движения, таким образом, если количество движения системы АВ изменяется, то количество движения, потерянное телом А и не приобретенное телом В, накапливается в невидимой системе, связанной с АВ, так что тела А и В вместе с невидимой системой образуют систему, подчиняющуюся обычным законам механики и с постоянным количеством движения. С аналогичными явлениями мы знакомы из наших обычных наблюдений. Когда, например, два шара А и В перемещаются внутри сосуда с водой, то шар А перемещает окружающую воду и вызывает волны, которые достигают шара В и влияют на его движение. Таким образом, перемещающиеся шары как-будто действуют друг на друга с определенными силами. Эти силы были подсчитаны Кирхгофом; во многих отношениях они напоминают силы, действующие между движущимися электрическими зарядами; если исключить тот случай, когда шары движутся с одинаковой скоростью в одном и том же направлении, то окажется, что силы не будут равны и противоположны, и потому количество движения обоих шаров не будет постоянным. Если же обратим наше внимание не только на шары, но и на воду, в которой они перемещаются, то найдем, что шары вместе с водою образуют систему, которая подчиняется обычным законам динамики и имеет постоянное количество движения, при чем количество движения, потерянное или приобретенное шарами, приобретает или теряется водою. Этот случай вполне аналогичен движущимся электрическим зарядам и потому, если количество движения системы не есть постоянная величина, то мы из этой аналогии не должны заключать, что третий закон Нью-

тона здесь не имеет силы, но должны придти к выводу, что соответственная система, вопреки нашим предположениям, не изолирована, но связана с другой системой, которая собирает количество движения, потерянное первой системой, и что движение совокупности обеих систем вполне согласуется с обычными законами динамики.

Таким образом, наэлектризованные тела должны быть связаны с каким-то невидимым универсальным телом, которое можно назвать „эфиром“; этот эфир должен обладать массой и должен приходить в движение, когда наэлектризованные тела перемещаются. Итак, мы окружены каким-то невидимым веществом, о существовании которого мы догадываемся только благодаря наэлектризованным телам. Можно ли это вещество привести в движение ненаэлектризованными телами — этот вопрос остается открытым.

Ограничимся на минуту случаем наэлектризованных тел. Когда последние движутся, то они должны привести в движение часть эфира, и это должно повлиять на их кажущуюся массу, подобно тому, как кажущаяся масса тела, перемещающегося в воде, больше, чем в случае перемещения в пустоте. Когда мы перемещаем тело в воде, то мы приводим в движение не только само тело, но и окружающую его воду; во многих случаях происходящее по этой причине увеличение кажущейся массы тела значительно больше, чем масса самого тела; так, например, воздушные пузыри в воде ведут себя так, как будто их масса во много сотен раз превышает массу заключенного в них воздуха. Связь между наэлектризованными телами и окружающим эфиром мы можем себе представить следующим образом. Мы можем предположить, что электрические силовые линии, выходящие из заряженного тела, при своем движении сквозь эфир захватывают определенную массу последнего и увлекают с собою. Пользуясь законами учения об электричестве, мы можем вычислить массу эфира, увлекаемого этими линиями в какой-нибудь части пространства, сквозь которую они проходят. Результаты этого подсчета можно представить в очень простой форме. Фарадей и Максвелл показали, что потенциальная энергия наэлектризованной системы находится не в самой системе, а в окружающем пространстве, и что каждая часть пространства имеет определенное количество этой энергии, для которого Максвелл дал очень простое выражение. Если подсчитаем массу эфира, увлекаемого электрическими силовыми линиями в какой-нибудь части пространства, окружающего наэлектризованное тело, то получается замечательный

результат: она как-раз пропорциональна потенциальной энергии в этом пространстве и определяется по следующему правилу: если бы эта масса двигалась со скоростью света, то кинетическая энергия, которую бы она обладала, равнялась бы электростатической энергии в той части пространства, для которой мы подсчитываем массу. Таким образом, общая масса эфира, увлекаемого электрической системой, пропорциональна электростатической потенциальной энергии системы. Так как эфир увлекается только при боковом движении силовых линий, но не при продольном их движении, то масса эфира, приводимого в движение наэлектризованным телом, несколько меньше, чем вычисленная по указанному правилу, за исключением того случая, когда все силовые линии перемещаются перпендикулярно к своей длине. Небольшая поправка на это скольжение силовых линий в эфире не влияет на общий характер явления, и я, ради простоты, буду в дальнейшем предполагать, что масса эфира, приведенного в движение наэлектризованной системой, пропорциональна потенциальной энергии этой системы. Таким образом, наэлектризованное тело связано с эфирным, астральным телом, которое оно увлекает при своем движении и благодаря которому его кажущаяся масса возрастает. Надо, однако, принять во внимание, что эфирная масса, которую увлекает с собой наэлектризованное тело, имеет совершенно другие свойства, чем обыкновенная материя. Она не может быть подвергнута химическому анализу и на нее, по видимому, не влияет сила тяжести. Возникает поэтому в высокой степени интересный вопрос, не можем ли мы открыть такой случай, в котором эфирная масса составляет заметную часть всей массы и сравнить свойства такого тела со свойствами тела, эфирная масса которого незначительна. Самый поверхностный подсчет показывает, что в обычных электрических системах, как, например, в заряженных шарах или лейденских банках, эфирная масса, которую они обладают благодаря своему электрическому заряду, исчезающе мала в сравнении со всей массой. Оставим поэтому без рассмотрения тела конечных размеров, а перейдем к атомам, из которых состоят тела, и сделаем предположение, которое очень вероятно, что эти атомы суть электрические системы и что силы взаимодействия между ними — электрического происхождения. Поэтому теплота, развивающаяся при соединении атомов различных элементов, должна равняться уменьшению электростатической потенциальной энергии соединяющихся атомов. Согласно сказанному, она будет поэтому мерою уменьшения связанной с атомами эфирной массы.

Согласно этому взгляду, уменьшение эфирной массы равно той массе, которая, в случае движения со скоростью света, обладает кинетической энергией, равной механическому эквиваленту теплоты, развивающейся при химическом соединении атомов.

В качестве примера может служить то химическое соединение, которое отличается наибольшим выделением тепла в сравнении с другими соединениями, а именно соединение водорода и кислорода. При соединении таких количеств водорода и кислорода, которые образуют 1 г воды, развивается 4000 калорий или $16,8 \times 10^{10}$ эргов. Масса, которая при движении со скоростью света, т. е. 3×10^{10} см в секунду, обладает таким количеством кинетической энергии, должна быть равна $3,7 \times 10^{-10}$ г; таково, следовательно, уменьшение эфирной массы, которое имеет место, когда соединяются водород и кислород, чтобы образовать 1 г воды. Так как это уменьшение представляет приблизительно $\frac{1}{3\,000\,000\,000}$ часть всей массы, то его невозможно экспериментально определить, и мы приходим к заключению, что опыты для обнаружения этого изменения в каком-нибудь химическом соединении имеют слабую надежду на успех. Лучшие результаты обещают, быть может, радиоактивные вещества, ибо количество теплоты, отдаваемое радием при его превращениях, несравненно больше того, которое отдается такою же массой обычных химических элементов при их соединении. Количество энергии, которое отдает 1 г радия в продолжение своей жизни, по измерениям проф. Рёзерфорда, равно $6,7 \times 10^{16}$ эргов. Если этот запас энергии происходит от электрической потенциальной энергии радия, то атомы в 1 г радия должны иметь по крайней мере такое же количество потенциальной энергии. Они должны быть связаны с эфирной массой от $\frac{1}{8}$ до $\frac{1}{7}$ мг, потому что именно такая масса, двигаясь со скоростью света, имеет кинетическую энергию в $6,7 \times 10^6$ эргов. Отсюда мы заключаем, что в каждом грамме радия по крайней мере $\frac{1}{8}$ мг, т. е. $\frac{1}{8000}$ часть, находится в эфире. Подобные соображения побудили меня некоторое время тому назад сделать опыты над радием, чтобы посмотреть, не получу ли я таким образом доказательство того, что одна часть его массы не совсем обычного рода. По-моему, это можно было бы лучше всего установить, проследив, будет ли для радия соотношение между массой и весом такое же, как для обыкновенной материи. Если та часть массы радия, которая находится в эфире, не обладает весом, то 1 г радия должен весить меньше, чем 1 г другого вещества, которое не имеет такой большой части своей массы в эфире. Отношение между массой и весом

может быть легко измерено путем измерения времени колебания маятника. Я построил поэтому маятник, у которого чечевица была сделана из радия, заставил его колебаться в пустоте и определил время его колебания, чтобы сравнить с временем колебания маятника такой же длины, чечевица которого сделана из латуни или железа. К сожалению, так как нельзя достать большого количества радия, то радиевый маятник оказался очень легким и потому раньше перестал колебаться, чем это бывает с тяжелым маятником. Благодаря этому нельзя было сделать очень точных определений времени колебания; я мог однако показать, что с точностью до $\frac{1}{3000}$ время колебания маятника из радия было таким же, как время колебания маятника такой же величины и формы, но с чечевицей из латуни или железа. Наименьшая разница, которую можно было ожидать, равна $\frac{1}{8000}$; опыт поэтому показывает, что если отношение массы к весу у радия обнаруживает какую-нибудь неправильность, то она не на много может превысить то значение, которое определяется при вычислении количества теплоты, которое выделяется радием при его превращениях. С большими маятниками можно величину отношения массы к весу определить с большей точностью, чем до $\frac{1}{8000}$. Так, например Б. Бессель три четверти века тому назад показал, что это отношение у слоновой кости и у латуни одно и то же с точностью до $\frac{1}{100\,000}$; с помощью аппаратов, специально для этого сконструированных, можно было бы достигнуть еще большей точности. Когда я проделывал свои опыты с маятником из радия, еще не была открыта тесная связь, существующая между количествами урана и радия в радиоактивных элементах. Эта связь делает чрезвычайно вероятным предположение, что радий происходит от урана и что последний металл имеет большую электрическую потенциальную энергию, а потому и большую часть своей массы в эфире, чем такое же весовое количество радия. Подходящим материалом для опытов с маятником является поэтому не радий, а уран; кроме того, его можно иметь в достаточных количествах, что позволяет конструировать маятник подходящих размеров. По моим взглядам, с таким маятником возможно определить отношение массы к весу для урана с точностью до $\frac{1}{250\,000}$.¹⁾

¹⁾ Эти опыты были выполнены впоследствии Соудерсом, но результат их был таков: никакого отличия между обыкновенной массой и массой эфира установить не удалось. Таким образом, повидимому, и электромагнитная масса эфира подлжит действию силы тяжести. (Прим. ред.)

Хотя нам и не удалось таким путем дать экспериментальное доказательство того, что часть массы существует в эфире, зато мы находимся в более благоприятном положении относительно другого явления, а именно влияния скорости тела на его кажущуюся массу. Мы видели, что масса эфира, связанного с какой-нибудь электрической системой, пропорциональна электрической потенциальной энергии этой системы. Возьмем простейшую электрическую систему, какую только можно найти, — электрический заряд, сконцентрированный на маленьком шарике. Когда шарик в покое, электрические силовые линии равномерно распределены по всем направлениям вокруг шарика. При таком расположении силовых линий электрическая потенциальная энергия меньше, чем при каком-нибудь другом распределении линий. Вообразим теперь, что шарик приведен в очень быстрое движение. В таком случае электрические силовые линии стремятся расположиться перпендикулярно к направлению движения. Они стремятся поэтому оставить переднюю часть шарика, приподняться над ним и собраться в его экваториальной части. Таким образом электрическая потенциальная энергия возрастает, и так как масса эфира, связанная с электрическими силовыми линиями, пропорциональна этой энергии, то масса эта больше тогда, когда шарик движется, чем тогда, когда он в покое. Разница очень мала, но, когда скорость тела приближается к скорости света, увеличение массы делается очень значительным.

Кауфману удалось обнаружить наличие этого влияния скорости для β -лучей, испускаемых радием. Это суть отрицательно заряженные частицы, выбрасываемые из радия с большой скоростью. Скорость тех, которые движутся наиболее быстро, только на несколько процентов меньше скорости света. На ряду с такими частицами другие движутся со значительно меньшей скоростью. Кауфман определил массу различных частиц и нашел, что масса тем больше, чем больше скорость и что масса частиц, движущихся наиболее быстро, в три раза больше массы тех частиц, которые движутся медленно. Эти опыты приводят к такому интересному результату, что вся масса этих частичек происходит от электрического заряда, который они несут. С точки зрения тех взглядов, которые мы изложили, это означает, что вся масса частичек происходит от эфира, увлекаемого силовыми линиями.

Согласно электромагнитной теории света световые волны являются волнами электрической силы, распространяющимися со скоростью 300 000 км в секунду. Если поэтому электрические силовые линии

захватывают эфир и увлекают с собою часть его, то световая волна должна сопровождаться движением определенной массы эфира в направлении распространения света. Масса эфира легко определяется по правилу, что она при движении со скоростью света должна будет обладать кинетической энергией, равной электрической потенциальной энергии. Так как электростатическая энергия равна половине энергии световой волны, то масса приведенного в движение эфира, приходящаяся на единицу объема, равна энергии света в этом объеме, деленной на квадрат скорости света. Таким образом, если тело испускает свет, то часть массы эфира, связанная с телом, будет излучением вынесена наружу. Эта масса вообще чрезвычайно мала. Применяя только-что указанное правило, мы можем подсчитать, что, например, масса, выбрасываемая в течение года каждым квадратным сантиметром поверхности тела, при температуре солнца, равна приблизительно 1 миллиграмму. Надо предположить, что когда часть эфира, связанная благодаря силовым линиям с телом, будет унесена прочь лучеиспусканием, то другая часть эфира, не связанная с телом, устремится и займет место первой части. Благодаря излучению, имеющему место у всех тел, окржающий эфир находится в движении, как-будто в телах имеются Источники и стоки.

Действительная масса эфира, увлекаемая световой волной, чрезвычайно мала, но ее скорость, совпадающая со скоростью света, так велика, что даже маленькая масса имеет значительное количество движения. Когда свет при прохождении через не совсем прозрачную среду поглощается, то количество его движения также поглощается, переходит в среду и стремится эту среду привести в движение в направлении распространения света. Таким образом, свет производит давление на среду. Это давление, так называемое световое давление, было открыто и измерено Лебедевым, Никольсом, Гуллем и Пойнтингом. Все явления, связанные с этим давлением, легко объясняются, если сделать предположение, что свет обладает количеством движения в направлении распространения. То, что свет обладает количеством движения, в предположении, что свет есть явление электрическое, было доказано довольно сложными рассуждениями.

По старой Ньютоновой теории истечения само собою понятно, что это количество движения должно существовать потому, что это есть количество движения тех частичек, из которых состоит свет.

Хотя нам и не удалось таким путем дать экспериментальное доказательство того, что часть массы существует в эфире, зато мы находимся в более благоприятном положении относительно другого явления, а именно влияния скорости тела на его кажущуюся массу. Мы видели, что масса эфира, связанного с какой-нибудь электрической системой, пропорциональна электрической потенциальной энергии этой системы. Возьмем простейшую электрическую систему, какую только можно найти, — электрический заряд, сконцентрированный на маленьком шарике. Когда шарик в покое, электрические силовые линии равномерно распределены по всем направлениям вокруг шарика. При таком расположении силовых линий электрическая потенциальная энергия меньше, чем при каком-нибудь другом распределении линий. Вообразим теперь, что шарик приведен в очень быстрое движение. В таком случае электрические силовые линии стремятся расположиться перпендикулярно к направлению движения. Они стремятся поэтому оставить переднюю часть шарика, приподняться над ним и собраться в его экваториальной части. Таким образом электрическая потенциальная энергия возрастает, и так как масса эфира, связанная с электрическими силовыми линиями, пропорциональна этой энергии, то масса эта больше тогда, когда шарик движется, чем тогда, когда он в покое. Разница очень мала, но, когда скорость тела приближается к скорости света, увеличение массы делается очень значительным.

Кауфману удалось обнаружить наличие этого влияния скорости для β -лучей, испускаемых радием. Это суть отрицательно заряженные частицы, выбрасываемые из радия с большой скоростью. Скорость тех, которые движутся наиболее быстро, только на несколько процентов меньше скорости света. На ряду с такими частицами другие движутся со значительно меньшей скоростью. Кауфман определил массу различных частиц и нашел, что масса тем больше, чем больше скорость и что масса частиц, движущихся наиболее быстро, в три раза больше массы тех частиц, которые движутся медленно. Эти опыты приводят к такому интересному результату, что вся масса этих частичек происходит от электрического заряда, который они несут. С точки зрения тех взглядов, которые мы изложили, это означает, что вся масса частичек происходит от эфира, увлекаемого силовыми линиями.

Согласно электромагнитной теории света световые волны являются волнами электрической силы, распространяющимися со скоростью 300 000 км в секунду. Если поэтому электрические силовые линии

захватывают эфир и увлекают с собою часть его, то световая волна должна сопровождаться движением определенной массы эфира в направлении распространения света. Масса эфира легко определяется по правилу, что она при движении со скоростью света должна будет обладать кинетической энергией, равной электрической потенциальной энергии. Так как электростатическая энергия равна половине энергии световой волны, то масса приведенного в движение эфира, приходящаяся на единицу объема, равна энергии света в этом объеме, деленной на квадрат скорости света. Таким образом, если тело испускает свет, то часть массы эфира, связанная с телом, будет излучением вынесена наружу. Эта масса вообще чрезвычайно мала. Применяя только-что указанное правило, мы можем подсчитать, что, например, масса, выбрасываемая в течение года каждым квадратным сантиметром поверхности тела, при температуре солнца, равна приблизительно 1 миллиграмму. Надо предположить, что когда часть эфира, связанная благодаря силовым линиям с телом, будет унесена прочь лучеиспусканием, то другая часть эфира, не связанная с телом, устремится и займет место первой части. Благодаря излучению, имеющему место у всех тел, окржающий эфир находится в движении, как-будто в телах имеются Источники и стоки.

Действительная масса эфира, увлекаемая световой волною, чрезвычайно мала, но ее скорость, совпадающая со скоростью света, так велика, что даже маленькая масса имеет значительное количество движения. Когда свет при прохождении через не совсем прозрачную среду поглощается, то количество его движения также поглощается, переходит в среду и стремится эту среду привести в движение в направлении распространения света. Таким образом, свет производит давление на среду. Это давление, так называемое световое давление, было открыто и измерено Лебедевым, Никольсом, Гуллем и Пойнтингом. Все явления, связанные с этим давлением, легко объясняются, если сделать предположение, что свет обладает количеством движения в направлении распространения. То, что свет обладает количеством движения, в предположении, что свет есть явление электрическое, было доказано довольно сложными рассуждениями.

По старой Ньютоновой теории истечения само собою понятно, что это количество движения должно существовать потому, что это есть количество движения тех частичек, из которых состоит свет.

Замечательно, что новейшие исследования показали, что многие из тех свойств, которые принадлежали бы свету, если стать на точку зрения теории истечения, будут принадлежать свету и тогда, когда мы его будем рассматривать как электрическое явление. Я хочу вкратце отметить одно следствие из теории истечения, потому что оно, по моему мнению, лучше согласуется с фактическими свойствами света, чем то воззрение, к которому мы приходим, принимая электромагнитную теорию света в ее обычной форме. По теории истечения, световой луч состоит из множества отдельных телец, при чем объем, занятый этими тельцами, представляет очень малую часть того объема, в котором они находятся. Фронт световой волны, согласно этому воззрению, состоит из множества светлых пятнышек, распределенных по черному фону. Фронт волны порист и обладает определенной структурой. Согласно электрической теории света, в ее обычной форме, молчаливо принимают, что электрическая сила равномерно распределена по всей волновой поверхности, так что нет свободных мест на этой поверхности, и что она не имеет структуры. Такой взгляд не является необходимой частью электрической теории, и, по моему мнению, у нас есть доказательства того, что фронт волны в действительности имеет больше сходства с множеством светлых точек на темном фоне, чем на равномерно освещенной поверхности. Вот одно из доказательств в пользу такого предположения. Когда на металлическую поверхность падает свет, особенно ультрафиолетовый, из этой поверхности вылетают отрицательно заряженные частицы. Если бы поверхность волны была непрерывной, то все молекулы металла, подвергнутого действию света, находились бы при одинаковых условиях, и если бы они даже обладали различными количествами кинетической энергии, подобно молекулам газа, этого различия было бы недостаточно, чтобы объяснить громадную несоразмерность между числом молекул, затронутых светом, и числом молекул, выделивших частицы. Однако эту несоразмерность легко понять, если примем, что фронт волны не непрерывен, но испещрен пятнами, так что только небольшая часть молекул находится под влиянием электрических сил, действующих в свете. Можно предположить, что свет состоит из маленьких поперечных импульсов и волн, которые распространяются вдоль отдельных электрических силовых линий, заполняющих эфир, и что уменьшение интенсивности света при удалении от источника объясняется не ослаблением отдельных импульсов, но увеличением расстояний между ними, подобно тому как в теории истечения предполагалось, что энергия отдель-

ных частиц не уменьшалась с распространением света, а уменьшение интенсивности света происходило потому, что частицы расходятся между собою на все большее расстояние.

Представление, что тела посредством электрических силовых линий связаны с невидимыми эфирными массами, имеет большое значение для наших взглядов на происхождение силы и на природу потенциальной энергии. Согласно методам обычной механики любая система обладает кинетической энергией, которая зависит только от скоростей различных частей, из которых состоит, и потенциальной энергией, которая зависит только от относительного положения частей. Потенциальная энергия может быть различных видов. Она может быть обусловлена различными причинами: силою тяжести, напряжением пружин, электрическими зарядами. Мы знаем правила, по которым можно подсчитать значение этой потенциальной энергии для любого положения системы. Если мы знаем значение потенциальной энергии, то, пользуясь уравнениями Лагранжа, можно определить состояние системы. Как средство для подсчета и исследования, применение потенциальной энергии доставляет величайшие выгоды и вряд ли может быть заменено чем-нибудь лучшим. Но с философской точки зрения понятие потенциальной энергии значительно менее удовлетворительно, да и покоится на совершенно другом основании, чем понятие кинетической энергии.

Когда мы какую-нибудь энергию называем кинетической, мы чувствуем, что достаточно много о ней знаем; когда же мы энергию обозначаем потенциальной, то чувствуем, что очень мало о ней знаем; и если нам даже возразят, что это „малое“ есть все, что нам надо знать, то такой ответ не может удовлетворить человеческий дух.

Рассмотрим такую искусственную аналогию из деловой жизни; сравним кинетическую энергию с наличными деньгами, а потенциальную энергию — с вкладом, находящимся в банке. Допустим дальше, что если кто-нибудь теряет из кармана фунт стерлингов, то последний каким-нибудь непонятным случаем присоединяется к вкладу в банке, местопребывание которого владельцу неизвестно, но откуда он может в любой момент получить обратно свой фунт стерлингов без потерь и прибыли. Хотя вполне достаточно для торговых целей нашего воображаемого коммерсанта знать все это, но вряд ли можно предположить, чтобы кто-нибудь, даже самый трезвый делец, руководствующийся только деловыми соображениями, удержался от размышлений над тем, где были его деньги, выпавшие

из кармана, и не делал попыток проникнуть в тайну их исчезновения и нового появления. Как раз в таком положении находится физик по отношению к различным формам потенциальной энергии. Он чувствует, что здесь дело идет не о простых представлениях, и он спрашивает себя, необходимо ли предполагать, что эти формы энергии различны. Не будут ли все формы энергии одного вида, именно кинетической? Не представляет ли переход кинетической энергии в разные виды потенциальной энергии лишь переход кинетической энергии от одной части системы, которая действует на наши чувства, на другую часть, которая не действует, и таким образом, то, что мы называем потенциальной энергией, есть в действительности кинетическая энергия частиц эфира, находящиеся в кинематической связи с материальной системой? Я хочу сделать это наглядным с помощью такого простого примера. Положим, я бросаю тело А в такую область, где на него не действуют никакие силы. Тогда А будет равномерно двигаться по прямой линии. Если же я крепко свяжу тело А с телом В и затем брошу, то оно не будет равномерно двигаться по прямой линии. Напротив, оно будет описывать различного вида кривые, окружности, трохойды и т. д., природа которых зависит от массы тела В и от скорости, которую имело В, когда А было брошено. Если бы связь между А и В была невидимой так, что можно было бы наблюдать движение только А, то мы приписывали бы отклонение пути тела А от прямой линии влиянию силы, а изменение его кинетической энергии мы бы свели к тому изменению потенциальной энергии, которое обуславливается перемещением тела с одного места на другое. К таким представлениям мы приходим потому, что рассматриваем А, как единственный член рассматриваемой системы, в то время как в действительности это есть только часть большей системы. Если рассмотрим всю систему, то увидим, что она ведет себя так, как если бы она была свободна от влияния внешних сил, и что ее кинетическая энергия остается постоянной. То, что с нашей ограниченной точки зрения рассматривалось как потенциальная энергия А, является с более широкой точки зрения кинетической энергией системы В. Уж много лет прошло, как я показал, что действия сил и существование потенциальной энергии могут быть объяснены, если сделать предположение, что первичная система связана со вторичной, кинетическая энергия которой образует потенциальную энергию первой, так что вся система обладает только кинетической энергией своих составных частей. Такая точка зрения лежит в основе системы механики Герца.

Рассмотрим две простые механические системы, в которых движение материи, связанной с системой, вызывает такое же действие, как и сила. Пусть А и В (рис. 20) — два тела, прикрепленные к цилиндрическим втулкам, которые могут скользить вверх и вниз вдоль вертикального стержня EF. Два шара С и D связаны с А и В стержнями, которые у А и В вращаются в шарнирах. Когда шары вращаются вокруг стержня, они стремятся удалиться, а чем больше шары удаляются от стержня, тем больше должны тела А и В приближаться друг к другу. Тела ведут себя так, как-будто между ними существует сила притяжения. Скорость А и В, а следовательно, и их кинетическая энергия меняется, а кинетическая энергия, потерянная А и В, вызывает увеличение кинетической энергии шаров. Если бы вращающаяся система CD сделалась невидимой, то мы могли бы объяснить поведение системы, сделав предположение, что между А и В действует притягательная сила с соответствующей потенциальной энергией. Это произошло бы потому, что мы А и В рассматривали бы, как полную систему, в то время, как в действительности они составляют часть большей системы; если же мы рассмотрим полную систему, то мы увидим, что она ведет себя так, как-будто на нее не действует никакая сила, и она не обладает другой энергией, кроме кинетической.

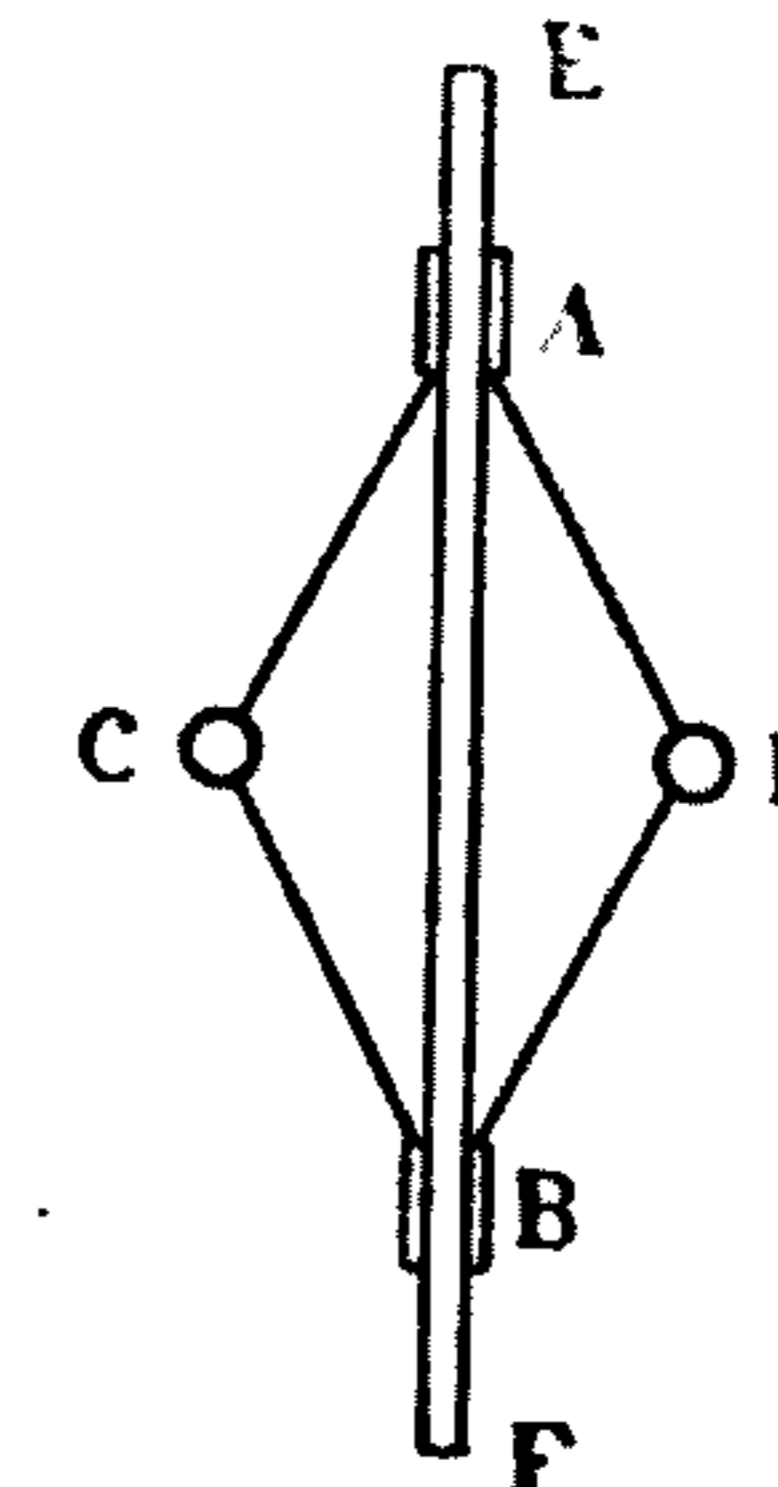


Рис. 20.

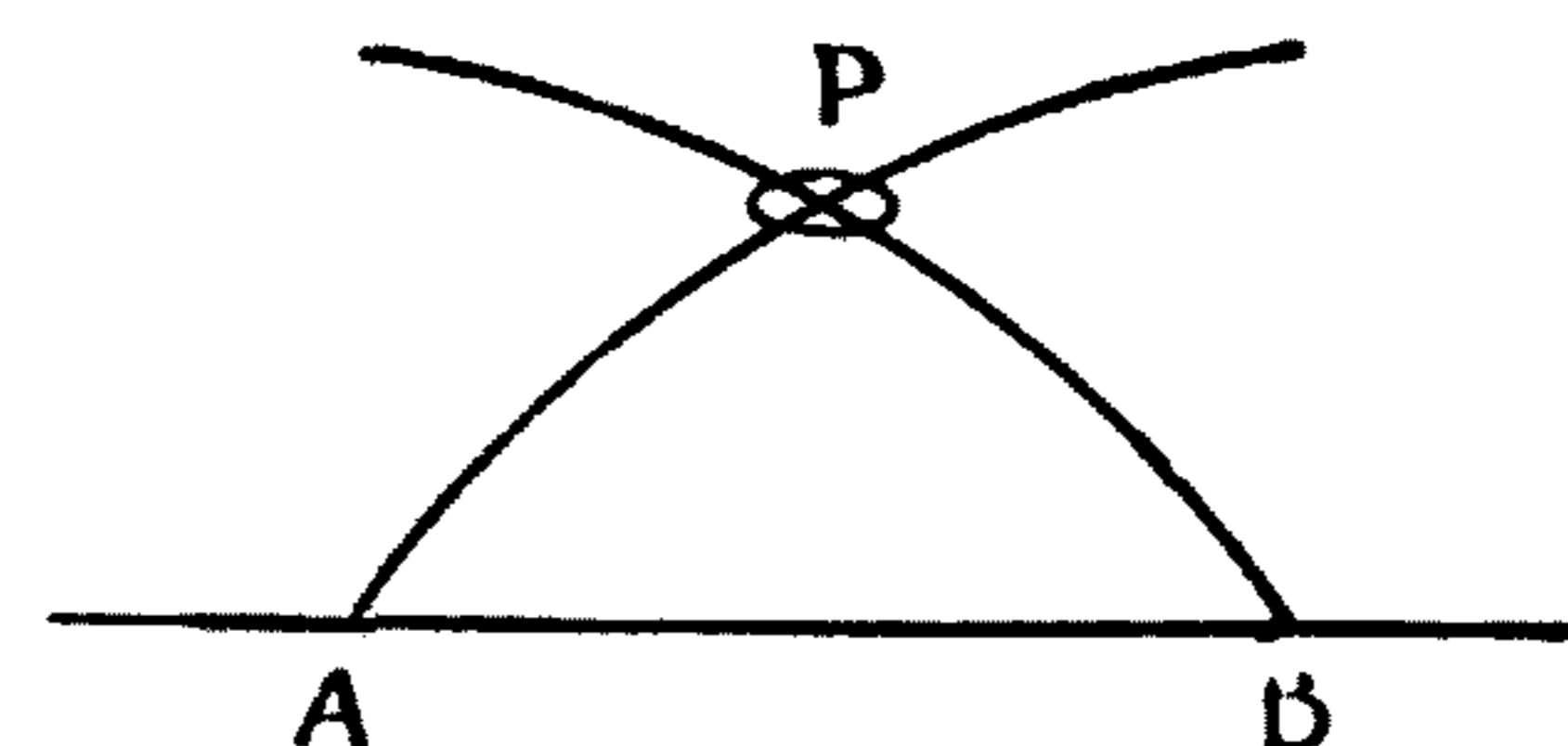


Рис. 21.

Интересно, быть может, отметить, что мы подобным же образом можем добиться того, чтобы два тела казались притягивающимися друг к другу с силою, обратно пропорционально квадрату расстояния между ними. Пусть А и В (рис. 21) будут эти два тела. Представим себе, что к ним прикреплены две параболические проволоки, не обладающие массой; эти проволоки проходят через кольцо Р, имеющее очень малую массу. Если вращать эту систему вокруг оси АВ, то стремление кольца удалиться от оси вращения заставит А и В приближаться друг к другу; легко доказать, что закон, по которому происходит это приближение, тот же самый, как если бы между обоими телами действовала сила, обратно пропорциональная квадрату расстояния.

Упомянутый выше результат, что потенциальная энергия наэлектризованной системы равна кинетической энергии массы связанного с системой эфира, если она перемещается со скоростью света, есть другой пример потенциальной энергии, которая в действительности является кинетической энергией невидимой системы, связанной с видимой. Как я старался изложить вам в сегодняшний вечер, изучение проблемы, выдвигаемой последними исследованиями, приводит нас к заключению, что обычные материальные системы должны быть связаны с невидимыми системами, которые обладают массами, если материальная система заряжена электричеством. Если мы примем, что всякая материя удовлетворяет этому условию, то приходим к заключению, что невидимая вселенная — эфир — играет существенную роль, как мастерская материальной вселенной, и что наблюдаемые нами явления природы представляют собою ткань, которая создана на ткацком станке этой невидимой вселенной.

ПРИЛОЖЕНИЕ ВТОРОЕ

П Р И Р О Д А С В Е Т А

СТРУКТУРА СВЕТА. 1)

ДЖ. ДЖ. ТОМСОН.

П р е д и с л о в и е.

Статья Томсона „Структура света“ представляет собой изложение популярной лекции, прочитанной им в Лондоне 7 мая 1925 года и вышедшей затем отдельной брошюрой в издании Кембриджского университета.

Статья эта содержит популярное изложение замечательной попытки Томсона дать синтез теории квант и классической электромагнитной теории Максвелла.

В настоящее время можно считать твердо установленным, что лучистая энергия испускается не сплошным и непрерывным потоком, но в виде отдельных „порций“ или квант, выпускаемых друг за другом и разделенных друг от друга перерывами. Мы имеем громадное количество фактов, подтверждающих это прерывистое испускание лучистой энергии, и в то же время классическая электромагнитная теория, казалось, была бессильна объяснить эти факты.

На этой почве была построена новая теория — теория квант, резко порывающая с классической физикой, великолепно изображающая эту вновь открытую область фактов, но, с другой стороны, и эта новая теория оказалась бессильной объяснить целый ряд явлений, с которыми классическая теория справлялась шутя.

Все это создавало благоприятную почву для подогревания философии Маха: в науку постепенно стало просачиваться вновь убеждение, что для каждой области имеют значение свои законы, которые дают „точное математическое описание“ для данной группы фактов

1) Перевод Е. Семеновской, ред. и прим. З. Цейтлина.