

с добавлением условий

$$\mathbf{E}' = \mathbf{E}, \quad \mathbf{H}' = \mathbf{H},$$

т. е. будем считать напряженности абсолютными, то уравнения окажутся инвариантными. Это дает прямой расчет, но это можно усмотреть хотя бы из того, что лоренцовы уравнения отличны от герцевских уравнений, которые инвариантны.

Можно было бы пойти по пути признания неинвариантности уравнений и ограничиться показом того, что в *опытах* имеет место инвариантность. Но Лоренц, хотя он и не был математиком, к счастью, пошел другим путем. Считая, как и все, что физический смысл имеет только галилеевское преобразование, он поставил вопрос о формальных, лишенных физического содержания преобразованиях, по отношению к которым его уравнения были бы инвариантны. В качестве первого шага он берет преобразование

$$x_i' = x_i - w_i t, \quad t' = t - \frac{(\mathbf{w}, \mathbf{x}')}{c^2},$$

формально вводя новую переменную t' . В теории Лоренца она не имеет физического смысла и является только вспомогательной величиной. Физический смысл попрежнему имеет только t и толковать результаты надо будет в переменных \mathbf{x}' и t .

Самое интересное — то, что по отношению и к этому преобразованию лоренцовы уравнения тоже инвариантны...

ШЕСТАЯ ЛЕКЦИЯ

(13,1 1934 г.)

Краткое резюме. Исторический обзор (продолжение) метод преобразований, объяснение опыта Физо и частичного увлечения эфира в теории Лоренца, опыт Майкельсона, опыт Трутона и Нобля, гипотеза сокращения, развитие метода преобразований, необходимость отказа от преобразования Галилея

Мы установили общее положение: если мы хотим сохранить и независимость скорости света от движения источника и преобразование Галилея, и в то же время хотим остаться в согласии с опытом, то нужно отказаться от принципа относительности. На этот путь

и стал Лоренц. Он принимает, что существует однородная, изотропная и неувлекаемая среда — эфир. Система отсчета, связанная с этой средой, является *выделенной* системой, и движение по отношению к ней имеет смысл называть *абсолютным*. Таким образом, принцип относительности нарушен.

Мы рассмотрели силы, действующие, согласно Лоренцу, на материальные тела, и пришли к выводу, что закон равенства действия и противодействия для них не выполнен. Силу оказалось возможным разложить на две слагающие: силу герцевского типа, удовлетворяющую закону равенства действия и противодействия, и силу, не удовлетворяющую этому закону. Мы получили уравнения движения, которые в случае замкнутой системы имеют вид

$$\frac{d\mathbf{G}_0}{dt} = \mathbf{F} = - \frac{d}{dt} \int_V \mathbf{g} dV, \quad \frac{d\mathbf{Y}_0}{dt} = \mathbf{N} = - \frac{d}{dt} \int_V [\mathbf{r}, \mathbf{g}] dV,$$

где $\mathbf{g} = \mathbf{S}/c^2$, а \mathbf{r} — радиус-вектор, проведенный из фиксированной точки эфира — начала нашей системы координат в неподвижную же точку наблюдения. Таким образом, полные *механические* импульс и момент импульса непостоянны, но если ввести новые понятия — *электромагнитного* импульса $\mathbf{G} = \int_V \mathbf{g} dV$ и момента импульса

$\mathbf{Y} = \int_V [\mathbf{r}, \mathbf{g}] dV$, — то для сумм $\mathbf{G}_0 + \mathbf{G}$ и $\mathbf{Y}_0 + \mathbf{Y}$ в замкнутой системе

имеет место сохранение. Отсюда вытекает ряд следствий, которые, конечно, можно получить и независимо от указанного толкования \mathbf{G} и \mathbf{Y} . Замечу, что все эти вопросы приобретают полную ясность и точность именно в теории относительности. Здесь же все это выглядит несколько грубо.

Рассмотрим сейчас, не вдаваясь в детали и тонкости, одно следствие, по поводу которого не всегда бывает полная ясность. Пусть плоская пластинка излучила короткий электромагнитный дуг или импульс, так что поле содержится в слое толщины l (рис. 28). Этот импульс излучен в течение времени l/c и имеет энергию

$$W = \frac{l}{c} Sa = \frac{SV}{c},$$

где $V = la$ — объем слоя. Отсюда $S = \frac{cW}{V}$ и, следовательно, элек-

тромагнитный импульс излученной волны равен

$$G = \frac{S}{c^2} V = \frac{W}{c}.$$

В процессе излучения, пластинка получила механический импульс, направленный в обратную сторону, т. е. $|G_0| = |Mv| = \frac{W}{c}$; следовательно, скорость, приобретенная пластинкой, будет

$$|v| = \frac{W}{Mc}.$$

Представим себе теперь, что такой импульс излучила стенка A , являющаяся дном твердого цилиндра (рис. 29). Весь цилиндр придет при этом в движение. Если стенка B полностью поглотит электро-

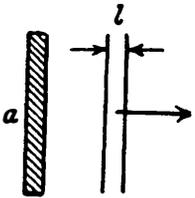


Рис. 28.

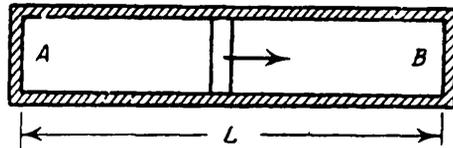


Рис. 29.

магнитную волну (спустя время L/c), то цилиндр остановится, передвинувшись на расстояние $x = v \frac{L}{c}$, причем $Mv = -\frac{W}{c}$, так что

$$x = -\frac{WL}{Mc^2}.$$

Таким образом, x — новая координата центра тяжести. Механика считала, что внутренние силы не могут переместить центр тяжести системы. Здесь это получилось потому, что, кроме механического, мы имеем еще электромагнитный импульс. Мы останемся в согласии с обычными воззрениями механики, если припишем электромагнитной энергии массу

$$m = \frac{W}{c^2}.$$

Тогда центр тяжести всей системы (цилиндр + электромагнитная энергия) останется на месте.

Такое наделение электромагнитной энергии массой получается, как вы видите, совершенно естественно. Оно напрашивается само собой, хотя оно и не вытекает ниоткуда с необходимостью. Дело

здесь обстоит так же, как и с законом сохранения энергии. Когда мы заряжаем конденсатор от электростагической машины, механическая энергия исчезает. Мы говорим: она не исчезла, а превратилась в электрическую энергию конденсатора. И здесь по отношению к импульсу мы проводим тот же ход идей. Здесь нет еще никакой теории относительности. Наоборот, в релятивистской механике способ рассуждения, приведенный в нашем примере, как раз и неприменим, так как теория относительности отрицает существование абсолютно твердых тел. У нас же скорость приобретаетя цилиндром одновременно всем сразу, т. е. деформация распространяется быстрее c . Однако результат, полученный нами, верен и весьма важен, хотя рассуждение было и не точно: мы не учли, например, того, что стенка B движется навстречу электромагнитному импульсу. В теории относительности все эти рассуждения становятся на твердую почву.

Мы пришли к следующим уравнениям для движущихся тел:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{rot} \mathbf{H} &= \frac{1}{c} \left(\frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \frac{\partial \mathbf{P}}{\partial t} + \mathbf{J} + \rho \mathbf{w} + \operatorname{rot} [\mathbf{P}, \mathbf{w}] \right), \\ \operatorname{rot} \mathbf{E} &= - \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t}, \\ \operatorname{div} \mathbf{E} &= \rho - \operatorname{div} \mathbf{P}, \quad \operatorname{div} \mathbf{H} = 0, \\ \mathbf{P} &= (\epsilon - 1) \left(\mathbf{E} + \frac{1}{c} [\mathbf{w}, \mathbf{H}] \right), \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где \mathbf{w} , по предположению, — постоянная средняя (по всем зарядам) скорость. Согласно последнему из этих уравнений, поляризация предполагается пропорциональной действующей силе, чем исключается объяснение дисперсии, магнитного вращения плоскости поляризации и т. п. Для неподвижных тел мы получаем максвелловы уравнения, чего, вообще говоря, нельзя было предвидеть из концепции Лоренца заранее. Мы видели, что с помощью лоренцовых уравнений хорошо объясняются электромагнитные опыты в движущихся телах. Далее мы поставили вопрос о том, как выполняется практический принцип относительности. Если произвести преобразование Галилея, то мы увидим, что уравнения не сохраняют своего вида. Можно было бы ограничиться констатацией этой инвариантности уравнений по отношению к галилееву преобразованию и для каждого конкретного опыта убеждаться в том, что с достаточной точностью (до первого порядка) теория его объясняет. Но Лоренц пошел другим путем. Почему? Трудно сказать.

Лоренц ввел преобразование

$$\mathbf{r}' = \mathbf{r} - \mathbf{w}t, \quad t' = t - \frac{(\mathbf{w}, \mathbf{r}')}{c^2}, \quad (8)$$

после которого уравнения получаются ближе по виду к максвелловским, чем при преобразовании Галилея, при условии, что напряженности \mathbf{E} и \mathbf{H} заменяются следующими величинами:

$$\mathbf{E}' = \mathbf{E} + \frac{1}{c} [\mathbf{w}, \mathbf{H}], \quad \mathbf{H}' = \mathbf{H} + \frac{1}{c} [\mathbf{E}, \mathbf{w}]. \quad (9)$$

Физически нас интересуют \mathbf{E} и \mathbf{H} в функции \mathbf{r}' и t' , но мы, очевидно, сразу это получим, если найдем \mathbf{E}' , \mathbf{H}' в функции переменных \mathbf{r}' , t' .

Как же выглядят преобразованные уравнения для \mathbf{E}' и \mathbf{H}' в новых переменных \mathbf{r}' и t' ? После преобразования получаем с точностью до первого порядка относительно w/c

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{rot}' \mathbf{H}' &= \frac{1}{c} \left(\frac{\partial \epsilon \mathbf{E}'}{\partial t'} + \mathbf{J} \right), & \operatorname{div}' \mathbf{H}' &= 0, \\ \operatorname{rot}' \mathbf{E}' &= -\frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{H}'}{\partial t'}, & \operatorname{div}' \epsilon \mathbf{E}' &= \rho - \frac{(\mathbf{J}, \mathbf{w})}{c^2}. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Эти уравнения очень похожи на максвелловские, но существенно отличается последнее. В отсутствие токов проводимости ($\mathbf{J} = 0$) уравнения имеют вполне максвелловский вид.

Не совсем приятным является то, что мы пренебрегли малыми членами ($\sim w^2/c^2$) в самих дифференциальных уравнениях, ибо решение мало отличных уравнений может оказаться совершенно другим. Но этот вопрос, равно как и вопросы непрерывности, мы оставим в стороне.

Интересно отметить, что Лоренц называет t' „местным временем“ (t' — функция точки). В популярных книгах часто пишут, что новое время ввел именно Лоренц. Я думаю, что это не так. Из всего хода мыслей Лоренца ясно, что он считал временем t , а не t' , которое было лишь вспомогательной математической величиной. С откровенностью большого человека Лоренц сам писал в 1915 г., что его ошибка именно в том и заключалась, что он считал временем t , а не t' . Это несколько не умаляет его, а, наоборот, показывает силу его физической интуиции.

Преобразованием (8) и (9) мы пока что упростили математическое рассмотрение. В частности, в отсутствие токов проводимости для

штрихованных величин все происходит просто по Максвеллу. Решения же уравнений Максвелла известны для очень большого числа задач, т. е. в ряде случаев мы имеем готовые выражения \mathbf{E}' и \mathbf{H}' через t' и \mathbf{r}' . После этого мы сейчас же можем перейти к физическим величинам \mathbf{E} и \mathbf{H} , выраженным через физические отсчеты пространства (\mathbf{r}') и времени (t).

Возьмем, например, заряженный шар. В системе координат (\mathbf{r}', t')

$$\mathbf{E}' = \frac{e\mathbf{r}'}{r'^3}, \quad \mathbf{H}' = 0.$$

Но это не физика, а математика. Нас интересуют \mathbf{E} и \mathbf{H} . Из (9) мы видим, что \mathbf{H} будет первого порядка относительно w/c , а значит, в пренебрежении вторым порядком, $\mathbf{E}' = \mathbf{E}$. Таким образом,

$$\mathbf{E} = \frac{e\mathbf{r}'}{r'^3}, \quad \mathbf{H} = \frac{1}{c}[\mathbf{w}, \mathbf{E}] = \frac{e}{cr'^3}[\mathbf{w}, \mathbf{r}'],$$

т. е. в первом порядке шар просто переносит свое электрическое поле вместе с собой и создает (тоже движущееся вместе с ним) магнитное поле (конвекционный ток Роуланда). Уже из этого примера видна польза, приносимая методом преобразований.

Посмотрим теперь, как с точки зрения Лоренца объясняется опыт Физо. Пусть w — скорость воды, и свет идет в том же направлении, в каком движется вода. Здесь опять мы имеем случай диэлектрика, т. е. $\mathbf{J} = 0$. \mathbf{E}' и \mathbf{H}' удовлетворяют просто волновому уравнению и, следовательно, пропорциональны

$$\sin v \left(t - \frac{r'}{c} \right), \quad \text{где } c_1 = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}.$$

Чтобы судить о скорости света относительно наблюдателя, движущегося вместе с водой, надо перейти к физическим величинам, к истинному времени t и к \mathbf{E} , \mathbf{H} . Но последние являются однородными линейными функциями \mathbf{E}' и \mathbf{H}' и, следовательно, тоже будут пропорциональны тому же синусу. Переходя к t , мы в первом приближении получаем

$$\sin v \left(t - \frac{wx'}{c^2} - \frac{x'}{c_1} \right) \approx \sin v \left(t - \frac{x'}{c_1 \left(1 - \frac{c_1 w}{c^2} \right)} \right),$$

т. е. скорость относительно воды есть

$$c_1' = c_1 - w c_1^{-2},$$

в полном согласии с френелевским выражением. С точки зрения неподвижного наблюдателя скорость будет

$$c_1' + w = c_1 + w(1 - n^{-2})$$

— классическая формула с коэффициентом увлечения. Мы можем сделать отсюда важное заключение. Теория Лоренца дает френелевский коэффициент увлечения. Но мы знаем, что наличия этого коэффициента достаточно для того, чтобы практически все оптические опыты (фактически производившиеся в первом порядке) протекали так же, как в неподвижной системе. Мы видели, что коэффициент увлечения объясняет относительность и электромагнитных опытов. Таким образом, практический принцип относительности, по крайней мере в отсутствие токов проводимости, справедлив.

Я хочу указать на одно обстоятельство, может быть и не имеющее значения, но все же не лишнее интереса. Френель предполагал эфир сгущенным в телах и говорил, что увлекается лишь сгущенная часть эфира, а несгущенная остается в покое. Все видели в этом какую-то неясность у Френеля. Об этом говорит, например, Лармор. Что значит „не увлекается та часть эфира, которая была бы, если бы не было сгущения“? В дальнейшем Стокс строит свое объяснение, просто исходя из того, что скорость эфира в теле меньше, чем снаружи (относительно тела). Эта „неясность“ у Френеля приобретает в теории Лоренца вполне определенное содержание: движутся заряды, а эфир остается неподвижным. Видимо, у Френеля было предчувствие того, что что-то движется, а что-то остается в покое.

Возьмем теперь случай, когда есть ток проводимости. Будут ли электрические явления независимы от движения Земли и теперь? Из уравнений это непосредственно не видно, так как в них есть член, зависящий от w/c в первом порядке.

Рассмотрим, например, такой опыт: пусть имеется ток I и заряд e , неподвижные друг относительно друга. Если они покоятся относительно эфира, то никакого взаимодействия между ними не будет, но если они движутся, то в первом порядке сила *появится*. В самом деле, при своем движении заряд создает магнитное поле, которое будет действовать на ток. Обратное, из уравнения $\operatorname{div}' \mathbf{E}' = \rho - \frac{(\mathbf{J}, \mathbf{w})}{c^2}$ мы видим, что при $\rho = 0$ электрическое поле возникает из-за движения тока и это поле будет действовать на заряд.

Таким образом, сила будет порядка $\frac{Iw}{c}$, т. е. мы в первом порядке получаем отличие от случая покоя, нарушение практического принципа относительности.

Лоренц сразу же разъяснил, в чем здесь дело: при движении тока свободные заряды, перемещение которых по контуру проводника создает I , движутся в магнитном поле и, следовательно, на них, кроме электрического поля, действует и магнитная лоренцова сила. Равновесное распределение зарядов будет поэтому иным: полный заряд попрежнему будет равен нулю, но в разных местах проводника он будет отличен от нуля. В результате со стороны тока на заряд e будет действовать и магнитное и электрическое поля, причем последнее в первом порядке компенсирует действие магнитного поля. Это кажется случайностью. В каждом опыте приходится отыскивать эту, как будто бы случайную компенсацию, и каждый раз она действительно обнаруживается. Это, конечно, неудовлетворительно. В теории относительности все это получается совершенно естественно из общих положений, а здесь — крайне искусственно.

Так или иначе, но Лоренц объясняет все опыты, пока речь идет о первом порядке, т. е. практический принцип относительности в его теории выполняется.

Все было бы хорошо, если бы не новые опыты второго порядка. По Лоренцу, движение Земли во втором порядке должно сказаться на электромагнитных явлениях. Могло случиться, что все останется правильным и во втором порядке. Но оказалось не так. Мы сейчас коротко остановимся на основном опыте второго порядка — опыте Майкельсона.

Луч от источника Q расщепляется полупрозрачной пластинкой D на два луча $DBDP$ и $DADP$ (рис. 30). Движение Земли через эфир со скоростью w должно сказаться во втором порядке на расположении интерференционных полос в P . Рассчитаем все для пустоты, так как воздух влияет мало.

Для луча DAD , идущего поперек движения Земли, действительный путь будет ct_1 , причем $\left(\frac{ct_1}{2}\right)^2 = \left(\frac{wt_1}{2}\right)^2 + l^2$ (рис. 31), откуда

$$t_1 = \frac{2l}{c\sqrt{1-\beta^2}},$$

где $\beta = w/c$. Для луча DBD , идущего вдоль w , имеем время прохождения от D к B : $t' = \frac{l}{c-w}$, и от B к D : $t'' = \frac{l}{c+w}$.

Таким образом,

$$t_2 = t' + t'' = \frac{2l}{c(1-\beta^2)}.$$

Лучи придут к D с различием по времени во втором порядке

$$t_2 - t_1 = \frac{2l}{c(1-\beta^2)} - \frac{2l}{c\sqrt{1-\beta^2}} \approx \frac{l\beta^2}{c}$$

— совершенно естественный результат, нисколько не противоречащий практическому принципу относительности (замкнутый путь света).

Майкельсон в 1881 г. сделал ошибку, полагая $t_1 = \frac{2l}{c}$, т. е. считая,

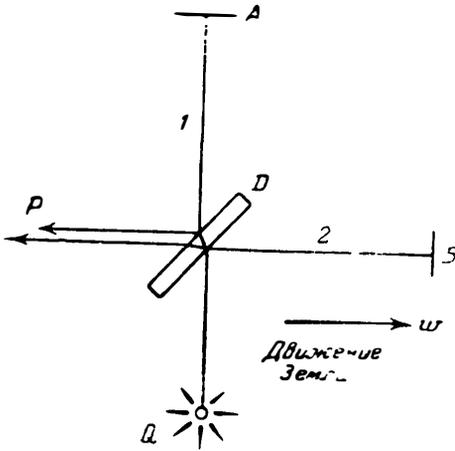


Рис. 30

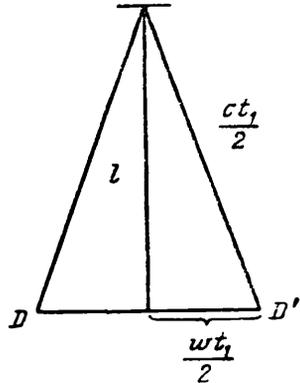


Рис. 31

что в поперечном направлении луч при ходе туда и обратно перпендикулярен w . Это роли не сыграло, так как это ничего не меняет по существу и лишь оборачивает знак разности хода.

Если повернуть весь аппарат на 90° , то полосы должны сдвинуться. Опыт крайне прост, в нем нет никакого мудрствования. История этого опыта чрезвычайно интересна и поучительна. В 1878 г. за его идею указал Максвелл, заметив, что если эфир не увлекается, то должен быть эффект во втором порядке, но точность 10^{-8} совершенно недостижима. В 1881 г. Майкельсон подхватил вызов Максвелла, построил в Берлине интерферометр и сделал опыт. Он ожидал смещения в 0.04 полосы, а получил, что смещение, если оно есть, не превосходит 0.015. Это было неожиданно для самого Майкель-

сона. В 1887 г. он повторил опыт с большей точностью, и опять — никакого эффекта. Опыт повторялся затем неоднократно. Миллер в 1921 г. получил эффект, но очень малый и никак не связанный с орбитальным движением Земли. Он приписал его движению солнечной системы. Однако условия опыта были ненадежны, и мне кажется, что этому результату нельзя придавать слишком большое значение. С утроенной точностью опыт повторяли Иоос в Германии, Кеннеди в Америке и нашли, что если эффект и есть, то не больше 1 км/сек вместо 30 км/сек. Теперь можно сказать, что со всей точностью наблюдений эффекта нет; все смещения полос лежат в пределах ошибок опытов.

Вскоре были сделаны и другие опыты второго порядка. К ним относится опыт Трутона и Нобля. Заряженный конденсатор, под-

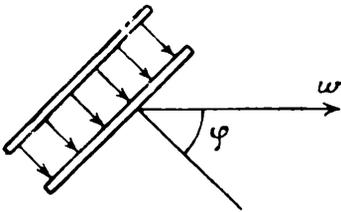


Рис. 32.

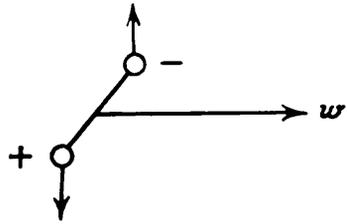


Рис. 33.

вешенный на нити, должен благодаря движению Земли поворачиваться, причем вращающий момент является величиной второго порядка относительно w/c . То, что это так, ясно хотя бы из того, что магнитная сила взаимодействия двух совместно движущихся зарядов пропорциональна w^2/c^2 . Каждый из них создает магнитное поле порядка w/c , а в этом поле движется другой, представляющий собою ток того же порядка w/c . Вращающий момент, действующий на конденсатор, получается, согласно теории Лоренца, равным

$$N = \frac{Ww^2}{c^2} \sin 2\varphi,$$

где φ — угол между силовыми линиями и w , а W — электростатическая энергия конденсатора. Максимальный момент получается при 45° и, как показал расчет, может быть обнаружен экспериментально. Однако эффекта не было. В последнее время с огромной точностью и с тем же отрицательным результатом опыт повторил Томашек. Релей и Брес искали двойное лучепреломление в прозрач-

ных телах, обусловленное движением Земли. С очень высокой точностью опять ничего не было обнаружено.

Итак, при всех доступных точностях не обнаружено никакого влияния движения Земли на электромагнитные и, в частности, оптические явления. Теория Лоренца была хороша в первом порядке; во втором порядке она отказывается служить.

Уже в 1891 г. Фитцджеральдом, а затем независимо Лоренцом была высказана гипотеза, чуждая всей теории, но дающая объяснение этим отрицательным результатам опытов второго порядка. Эта „гипотеза сокращения“ состоит в том, что все тела, движущиеся по отношению к эфиру, укорачиваются в отношении

$$\frac{l'}{l} = \sqrt{1 - \beta^2}$$

в направлении движения. Если это принять, то отрицательный результат опыта Майкельсона объясняется сразу: в t_2 вместо l надо подставить l' и тогда

$$t_2 = \frac{2l\sqrt{1 - \beta^2}}{c(1 - \beta^2)} = t_1,$$

т. е. до второго порядка включительно не должно быть никакого влияния. Принцип относительности при этом *не соблюдается*, ибо хотя разность времен и обращается в нуль, но само время пробега все-таки отличается во втором порядке от времени пробега $\frac{2l}{c}$ в покоящейся системе

Из создавшегося положения очень трудно было найти выход, но ясно, что гипотеза сокращения придумана уж очень *ad hoc*. Лоренц пытался, и не без успеха, вложить в нее физическое содержание: размеры тела определяются равновесным расположением составляющих его зарядов. Если в покое мы имеем статическую систему, то при движении относительно эфира появляются магнитные силы взаимодействия зарядов и равновесие будет уже при другом расположении. Если принять лоренцово выражение для силы, то получается как раз то, что нужно — сокращение по направлению движения в отношении $\sqrt{1 - \beta^2}$. Однако это не решает вопроса, так как известно, что электростатические силы не могут дать устойчивого равновесия.

В этот период Лоренц, хотя он и физик, выдумал много замечательных математических вещей. Он нашел новую комбинацию,

удачно отображающую сокращение и делающую электромагнитные уравнения еще лучше инвариантными. Он предложил преобразование

$$\left. \begin{aligned} x' &= \frac{x - wt}{\sqrt{1 - \beta^2}}, & y' &= y, & z' &= z, & t' &= \frac{t - \frac{wx}{c^2}}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \\ e' &= \frac{e + \frac{1}{c} [w, h]}{\sqrt{1 - \beta^2}}, & h' &= \frac{h + \frac{1}{c} [e, w]}{\sqrt{1 - \beta^2}} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

плюс некоторая формула для скоростей. Здесь уже учтено сокращение. Но опять-таки Лоренц считал временем t и не сделал тех выводов, которые были сделаны потом. Написанное преобразование — это основное преобразование теории относительности. Оно носит имя Лоренца и было написано им в 1904 г. (хотя еще раньше оно было дано Лармором). В вакууме оно дает уже полную инвариантность электромагнитных уравнений. И вот, в 1905 г. Эйнштейн все радикально перевернул.

Мы видели, что если преобразование Галилея выражает действительную трансформацию и скорость света не зависит от скорости источника, то надо отказаться от принципа относительности. Обратно: если принять принцип относительности и независимость скорости света от движения источника, то надо отказаться от преобразования Галилея. Эйнштейн знал, что одно с другим совместить нельзя, и он видел, что, чем точнее аппаратура, тем достовернее устанавливается справедливость принципа относительности. Независимость скорости света от движения источника тоже не вызвала сомнений. И он сделал вывод, что нужно отказаться от преобразования Галилея. Это — не спекуляция. Это — плод размышлений над всем ходом развития теории и опытов, это — завершение всего предшествующего и выход из той ловушки, в которую попала физика. Другого исхода не было.

Но не является ли отказ от преобразования Галилея таким же злом, как отказ от принципа относительности или от постоянства скорости света? Ведь галилеево преобразование было догмой. Не повлечет ли отказ от него новых противоречий? Громадная заслуга Эйнштейна в том, что он показал, что это не так. Конечно, надо отказаться от старого способа сравнения координат и времени, надо изменить наши представления, но при этом не возникает никаких новых противоречий. Некоторые вещи, о которых мы раньше

говорили, как показывает Эйнштейн, не имеют смысла, лишены содержания. Раньше работали расплывчатыми понятиями, укоренившимися навыками, основанными не на логически ясных и определенных утверждениях, а на смутных чувствах. Этому Эйнштейн противопоставляет логически завершенную, до конца ясную и замкнутую систему. В ее создании — его вторая заслуга.

Грубо говоря, это аналогично открытию шарообразности Земли. Когда-то думали, что Земля плоская. Затем пришли к тому, что она круглая, и тогда возник вопрос: как же люди ходят вверх ногами? Это казалось абсурдным, но, подумав, решили, что ничего страшного нет. Увидели, что нет противоречия, нет противоположения каким-либо ясным и четким взглядам, что новые представления противоречат лишь предрассудкам, которые веками оставались незамеченными.

СЕДЬМАЯ ЛЕКЦИЯ

(4/III 1934 г.)

Резюме предыдущих лекций. Постановка вопроса Эйнштейном. Принцип относительности. Вопрос об эфире. Второй постулат Эйнштейна. Противоречивость обоих постулатов. Теория Ритца. Двойные звезды (де-Ситтер) и другие обоснования второго постулата. Из-за чего возникает противоречие между основными постулатами. Вопрос о структуре физических понятий. Определение длины

Резюмируем коротко предыдущее. Мы говорили об электромагнитных и оптических явлениях в движущихся телах. В чем их интерес? Во-первых, это обширная область явлений, сама по себе интересная для изучения. Во-вторых, здесь, как думали, выявляется взаимодействие материи с эфиром. Существование эфира не вызывало сомнений, и, исследуя оптические и электромагнитные явления в движущихся телах, надеялись получить представление об этой, все же загадочной среде. Наконец, в-третьих, мы экспериментируем на Земле, которая движется в мировом пространстве, движется относительно светил. Возникает вопрос, как происходят оптические и электромагнитные явления на движущихся планетах и как они протекают в межпланетном пространстве.

Мало-помалу накопился большой материал, главным образом о явлениях, имеющих место тогда, когда в поле исследования есть