

К Л А С С И К И Е С Т Е С Т В О З Н А Н И Я

ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ

И. И. АГОЛА, С. И. ВАВИЛОВА,
М. Я. ВЫГОДСКОГО, Б. М. ГЕССЕНА,
М. Л. ЛЕВИНА, А. А. МАКСИМОВА,
А. А. МИХАЙЛОВА, И. П. РОЦЕНА,
А. Я. ХИНЧИНА

П Р И Н Ц И П О Т Н О С И Т Е Л Ь Н О С Т И

Г. А. Л О Р Е Н Ц
А. П У А Н К А Р Е
А. Э Й Н Ш Т Е Й Н
Г. М И Н К О В С К И Й

СБОРНИК РАБОТ КЛАССИКОВ
РЕЛЯТИВИЗМА

ПОД РЕДАКЦИЕЙ
В. К. ФРЕДЕРИКСА И Д. Д. ИВАНЕНКО

О Н Т И — Г Л А В Н А Я Р Е Д А К Ц И Я
О Б Щ Е Т Е Х Н И Ч Е С К О Й Л И Т Е Р А Т У Р Ы

1938 I A Я
ПРОВЕРКА
— В. К. Т. П. —

118/13
1936

530.12
530
П-767

2
ПРОВЕРЕНО
1936 №.....

68

ПРОВЕРКА
VII ГНЕ 1949

СВЕРЕНО
1936 г.

СВЕРЕНО

Ответственный редактор Р. С. Рубинштейн.
Технический редактор Р. В. Эмдина.

Сдано в набор 23 апреля 1935 г. Поступило к печати 5 сентября 1935 г.
Формат бумаги 72×110. Количество бум. лист. 61/16. Авторских лист. 15, 2.
Количество печ. знаков в 1 бум. листе 115200. Зак. № 992. Тир. 5000 экз.
Изд. № 361. Лениблгорт № 16424.

4-я тип. ОНТИ НКТП СССР „Кр. Печатник“. Ленинград, Международный, 75а

ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА

Настоящий сборник содержит основные статьи классиков релятивизма, в которых была впервые сформулирована теория относительности. Аналогичная книга была издана на немецком языке под редакцией О. Блюменталя Тейбнером. От этой книги наш сборник отличается прежде всего включением статьи Пуанкаре, независимо от Эйнштейна высказавшего принцип относительности. Текст переведен по оригинальным статьям полностью и не содержит целого ряда пропусков немецкого издания.

Книга дополнена биографиями всех четырех авторов и списком их работ, а также примечаниями, составленными Д. Д. Иваненко и В. К. Фредериксом. Мы считали необходимым включить также примечания Зоммерфельда к статье Минковского, опубликованные в немецком издании сборника.

Ввиду наличия на русском языке курсов теории относительности, в которых приведена подробная литература (Копф, Эддингтон), примечания носят главным образом исторический характер.

Теория относительности изложена в настоящих классических работах в столь законченном виде, что сборник и до сих пор не потерял своего актуального значения.

Ленинград, март 1935 г.

Г. А. ЛОРЕНЦ

Г. А. ЛОРЕНЦ,

ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЙ ОПЫТ МАЙКЕЛЬСОНА ¹⁾.

1. Как впервые было указано Максвеллом и кроме того следует из весьма простого расчета, время, необходимое лучу света для прохождения расстояния между двумя точками A и B вперед и назад, должно измениться, как только эти точки подвергнутся совместному перемещению без увлечения эфира с собою. Это изменение, правда, является величиной второго порядка; однако, оно достаточно велико, для того чтобы быть обнаруженным при помощи чувствительного интерференционного метода.

Соответствующий опыт был выполнен Майкельсоном в 1881 г. Его аппарат, некоторая разновидность интерференционного рефрактометра, состоял из двух одинаково длинных, горизонтально расположенных и взаимно перпендикулярных плеч P и Q . Из двух интерферирующих друг с другом пучков света один проходил вдоль плеча P , другой — вдоль плеча Q , вперед и назад. Весь аппарат, включая источник света и приспособление для наблюдения, мог вращаться вокруг вертикальной оси. Особенно заслуживают внимания два положения аппарата, при которых плечо P или плечо Q по возможности точно совпа-

¹⁾ Из книги: Versuch einer Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern (Leiden 1895), §§ 89 92.

дает с направлением движения земли. На основании теории Френеля ожидалось смещение интерференционных полос при вращении аппарата из одного из этих двух „главных положений“ в другое. Однако не было обнаружено ни малейшего следа подобного смещения, — мы будем называть его для краткости Максвелловским смещением — обусловленного изменением времен пробега. Отсюда Майкельсон счел возможным заключить, что эфир при движении земли не остается в покое, — заключение, правильность которого была, впрочем, вскоре поставлена под вопрос. Именно, вследствие недосмотра Майкельсон вставил в расчет удвоенное значение ожидаемого по теории изменения разностей фаз; при исправлении этой ошибки получаются смещения, которые как раз могут еще покрыться ошибками наблюдения ¹⁾).

Позже Майкельсон совместно с Морли возобновил исследование ²⁾), причем для увеличения чувствительности заставлял каждый пучок света отражаться посредством нескольких зеркал вперед и назад. Благодаря этому достигалась та же выгода, как если бы плечи прежнего аппарата были значительно удлинены. Зеркала находились на тяжелой каменной плите, которая плавала на поверхности ртути и поэтому легко вращалась. Каждый пучок должен был теперь пробежать в общем путь в 22 м, и на основании теории Френеля нужно было ожидать смещения в 0,4 расстояния между полосами при переходе из одного главного положения в другое. Тем не менее при вращении получались только смещения, самое большее, в 0,02 расстояния между полосами; они вероятно происходили от ошибок наблюдения.

¹⁾ Michelson, American Journal of Science (3) 22, 120, 1881.

²⁾ Michelson and Morley, American Journal of Science (3) 34, 333, 1887. Phil. Mag. (5) 24, 449, 1887.

Можно ли на основании этого результата принять, что эфир принимает участие в движении земли, и что, следовательно, теория аберрации Стокса верна? Трудности, на которые наталкивается эта теория при объяснении аберрации, представляются мне слишком значительными для того, чтобы я мог согласиться с этим взглядом, и, напротив, — не попытался бы устранить противоречие между теорией Френеля и результатом Майкельсона.

В самом деле это удастся посредством одной гипотезы, которую я уже высказал ¹⁾ некоторое время тому назад и к которой, как я позже узнал, пришел и Фицджеральд ²⁾). В следующем параграфе мы покажем, в чем состоит эта гипотеза.

2. Для упрощения примем, что исследование ведется с таким же аппаратом, какой применялся в первых опытах, и что при одном главном положении плечо P точно совпадает с направлением движения земли.

Пусть v — скорость этого движения и L — длина

¹⁾ Lorentz, Zittingsverlagen der Akad. v. Wet. te Amsterdam, 1892—93, 74.

²⁾ Как любезно сообщил мне Фицджеральд, он уже давно излагал эту гипотезу в своих лекциях. В литературе я нашел упоминание о ней только у Лоджа в статье „Aberration problems“ (London Phil. Trans. 184 A, 727, 1893).

Я позволю себе добавить здесь, что эта работа, кроме различных теоретических соображений, содержит описание очень интересных экспериментов, в которых два стальных диска (диаметр 1 ярд), укрепленных на одной и той же оси нормально к последней, вращались с большой скоростью. Посредством специального интерференционного прибора исследовалось, не участвует ли во вращении также эфир, находящийся между дисками. Результат оказался отрицательным, хотя число оборотов в секунду достигало двадцати и больше. Лодж заключает отсюда, что диски не сообщают эфиру даже $\frac{1}{800}$ доли своей скорости

каждого плеча; тогда $2L$ будет путь лучей света. На основании теории¹⁾, вследствие поступательного движения, время, в течение которого один пучок света идет вдоль P вперед и назад, увеличивается на величину

$$L \cdot \frac{p^2}{V^2}$$

по сравнению со временем, в течение которого проходит свой путь другой пучок. Эта же самая разница имела бы место, если бы, в случае отсутствия влияния поступательного движения, плечо P было длиннее плеча Q на

$$L \frac{p^2}{2V^2}.$$

Аналогичное рассуждение применимо и для второго главного положения.

Таким образом мы видим, что ожидаемые согласно теории разности фаз могли бы также возникнуть и в том случае, если бы при вращении аппарата то одно, то другое плечо имели бы бóльшую длину. Отсюда следует, что эти разности фаз могут быть компенсированы обратными изменениями размеров.

Если принять, что плечо, лежащее в направлении движения земли, короче другого плеча на

$$L \cdot \frac{p^2}{2V^2},$$

и что, вместе с тем, поступательное движение оказывает действие, вытекающее из теории Френеля, то результат опыта Майкельсона будет вполне объяснен.

В соответствии с этим следовало бы предположить, что движение твердого тела, например латунного стержня или каменной плиты, примененной в позднейших опытах, через покоящийся эфир влияет на

размеры тел, причем это влияние различно в зависимости от ориентации тела относительно направления движения. Если бы, например, размеры, параллельные направлению движения, изменились в отношении $1:1 + \delta$, а размеры, перпендикулярные к нему, — в отношении $1:1 + \epsilon$, то должно было бы иметь место

$$\epsilon - \delta = \frac{p^2}{2V^2}. \quad (1)$$

Значение одной из величин δ и ϵ осталось бы при этом неопределенным. Мы могли бы иметь

$$\epsilon = 0, \quad \delta = -\frac{p^2}{2V^2},$$

но также и

$$\epsilon = \frac{p^2}{2V^2}, \quad \delta = 0, \quad \text{или} \quad \epsilon = \frac{p^2}{4V^2} \quad \text{и} \quad \delta = -\frac{p^2}{4V^2}.$$

3. Как ни странна на первый взгляд указанная гипотеза, нужно будет все же признать, что она вовсе не так неприемлема, если только мы допустим, что и молекулярные силы передаются через эфир, подобно тому как мы можем теперь определенно утверждать это относительно электрических и магнитных сил. Если это так, то весьма вероятно, что поступательное движение изменит взаимодействие между двумя молекулами или атомами подобным же образом, как и притяжение или отталкивание между заряженными частицами. Так как форма и размеры твердого тела в конечном итоге обуславливаются интенсивностью молекулярных взаимодействий, то в этом случае не может не произойти и изменение размеров.

Следовательно, с теоретической стороны нет возражений против этой гипотезы. Относительно экспериментальной проверки нужно прежде всего заме-

¹⁾ Ср. Lorentz, Arch. néerl. 21, 168—176, 1887.

титель, что упомянутые удлинения и сокращения чрезвычайно малы. Так как $\frac{p^2}{V^2} = 10^{-8}$ то, следовательно, при $\epsilon = 0$, сокращение одного диаметра земли составит приблизительно 6,5 см, а длина стержня 1 м изменится на 0,005 микрона, если его перевести из одного главного положения в другое. Желая обнаружить столь малые величины, можно пожалуй надеяться на успех только с помощью интерференционного метода. Следовательно, нам пришлось бы работать с двумя взаимно перпендикулярными стержнями и пустить из двух интерферирующих друг с другом пучков света один вдоль первого, а другой вдоль второго стержня вперед и назад. Но этим путем мы вернулись бы снова к опыту Майкельсона и при вращении не обнаружили бы смещения полос. Обратное, повторяя прежние рассуждения, можно сказать теперь, что смещение, вытекающее из изменений длин, компенсируется Максвеллевским смещением.

4. Заслуживает внимания то обстоятельство, что мы как раз приходим к предположенным выше изменениям размеров, если, во-первых, не принимая в расчет молекулярного движения, допустим, что в предоставленном самому себе твердом теле силы притяжения или отталкивания, действующие на любую молекулу, находятся в равновесии, и, во-вторых, — хотя к последнему впрочем нет никаких оснований, — распространим на эти молекулярные силы закон, выведенный нами прежде¹⁾ для электростатических взаимодействий. Под S_1 и S_2 мы будем понимать теперь не две системы заряженных частиц, как было

¹⁾ Именно в § 23 книги: Versuch einer Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern. Прим. ред.

там изложено, а две системы молекул, причем вторая из них находится в покое, а первая, движется со скоростью p по направлению оси x ; если между размерами обеих систем существует вышеуказанное соотношение, и если, далее, принять, что в обеих системах составляющие сил по оси x одинаковы, а составляющие по осям y и z отличаются друг от друга множителем $\sqrt{1 - \frac{p^2}{V^2}}$, то ясно, что силы в системе S_1 будут взаимно уравновешены, если только это имеет место в S_2 . Поэтому, если S_2 представляет собой состояние равновесия покоящегося твердого тела, то в S_1 молекулы имеют как раз те положения, в которых они могут пребывать под влиянием поступательного движения. Перемещение привело бы, конечно, само собою к этому расположению молекул и, следовательно, обусловило бы сокращение в направлении движения в отношении $1 : \sqrt{1 - \frac{p^2}{V^2}}$ по формулам, данным в § 23 цитированной книги. Это приводит к значениям

$$\delta = -\frac{p^2}{2V^2}, \quad \epsilon = 0,$$

что согласуется с (1).

В действительности молекулы тела не находятся в покое, но в каждом „состоянии равновесия“ существует стационарное движение. Вопрос о том, как велико влияние этого обстоятельства на рассматриваемое явление, мы оставим открытым; во всяком случае опыты Майкельсона и Морли вследствие неизбежности ошибок наблюдения оставляют довольно широкий произвол для значений δ и ϵ .