

## **ОПЫТ ФИЗО И БЕГУЩАЯ ВОЛН В ИНЕРЦИАЛЬНОЙ ДВЖУЩЕЙСЯ СИСТЕМЕ.**

Valentín Ibáñez Fernández  
Email: valentin.ibanez.fernandez@gmail.com

### **Abstract**

Using Fizeau's experience, the paper shows experimentally and theoretically the change the speed of light in inertial moving systems. The theoretical interpretation of Fizeau's experiment, like that of A. Einstein, based on representations of the motion of light signals in a stationary ether. Since the theory of the fixed an ether allowed us to determine the absolute motion of the motion of lectromagnetic waves at a constant speed in the universe with a fixed an ether. However, rethinking the experience of Fizeau, from the point of view of the propagation of a light wave in the material medium - ether, which consists of a moving inertial system. In addition, the material medium-ether changes its speed depending on the speed of the system; the paper concludes that the speed of light in an inertial moving system depends on the speed of the inertial system.

## **§1 ИСТОРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ И ТЕОРИЯ ЭФИРА ДО ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА ФИЗО**

В период развития оптики и электродинамики физики считали, что теория относительности Галилея не удовлетворяет электродинамике. Они подразумевали, что эфир был нематериальным статическим универсальным полем вселенной, в которой распространялась электромагнитная волна.

Эфир был, нематериальным неподвижным полем, охватывающим пространство вселенной. Электромагнитная волна не была материальным колебанием массы.

Эти гипотетические философские идеи не принимали во внимание физическую природу движения и противоречили идеи материи как неделимой бесконечной материи внутри всей вселенной.

В 17 веке **Роберт Бойл (Robert Boyle)**<sup>1</sup> был сторонником гипотезы эфира. Согласно Бойлю, эфир состоит из тонких частиц, один вид которых объясняет отсутствие вакуума и механические взаимодействия между телами, а другой вид объясняет такие явления, как магнетизм (и, возможно, гравитация), которые в противном случае необъяснимы на основе чисто механических взаимодействий макроскопических тел, "хотя в эфире древних не было ничего замечено, кроме рассеянного и очень тонкого вещества".

**Христиан Гюйгенс (Christiaan Huygens)**<sup>2</sup> 1629- 1695 г. предположил, что свет - это волна, распространяющаяся в эфире. Он и Исаак Ньютон могли только представить себе световые волны продольными,

распространяющимися подобно звуковым и другим механическим волнам в жидкостях. Однако продольные волны обязательно имеют только одну форму для данного направления распространения, а не две поляризации, такие как поперечная волна.

Таким образом, продольные волны не могли объяснить двух лучепреломление, при котором две поляризации света по-разному преломляются Кристаллом.

### **Исаак Ньютон 1643 -1727**

Кроме того, Ньютон отверг свет как волны в среде, потому что такая среда должна была бы распространяться повсюду в пространстве и тем самым "нарушать и замедлять движение этих великих тел" (планет и комет) и, таким образом, "поскольку она [среда света] бесполезна и препятствует действию природы и заставляет её томиться, поэтому нет никаких доказательств её существования, и поэтому её следует отвергнуть".

**Исаак Ньютон (1643 -1727)** утверждал, что свет состоит из множества мелких частиц. Это может объяснить такие особенности, как

способность света перемещаться по прямым линиям и отражаться от поверхностей. Ньютон представлял себе, что лёгкие частицы представляют собой несферические "корпускулы" с разными "сторонами", которые вызывают двух лучевое преломление.

Но теория света частиц не может удовлетворительно объяснить преломление и дифракцию. Чтобы объяснить преломление,

Оптика Ньютона (1704)<sup>3</sup> постулировала "эфирную среду", передающую вибрации быстрее, чем свет, посредством которых свет, когда его настигает вибрация приобретает свойства "лёгкого отражения" и "лёгкой передачи", что вызвало преломление и дифракцию. Ньютон полагал, что колебания света, вызванные вибрацией, были связаны с тепловым излучением.

Он писал: "Разве тепло в тёплых комнатах не передаётся через вакуум вибрациями гораздо более тонкой среды, чем воздух, который после вытягивания воздуха оставался в вакууме. И разве эта среда не та же самая, что и та, посредством которой свет преломляется и отражается, и посредством вибраций, которой свет передаёт тепло телам и приводится в состояние лёгкого отражения и лёгкой передачи."

В отличие от современного понимания, что тепловое излучение и свет являются электромагнитным излучением, Ньютон рассматривал тепло

и свет как два разных явления. Он полагал, что тепловые колебания возбуждаются «когда луч света падает на поверхность какого-либо прозрачного тела».

Он писал: "Я не знаю, что это за эфир, но, если он состоит из частиц, тогда они должны быть размером меньше, чем частицы воздуха или даже света. Чрезмерная малость его частиц, может способствовать величине силы, с которой эти частицы могут отступать друг от друга, и тем самым сделать эту среду чрезвычайно более редкой и эластичной, чем воздух и как следствие, чрезвычайно менее способной противостоять движениям снарядов и чрезвычайно более способный давить на грубые тела, пытаясь расширяться."

**Джеймс Брэдли (James Bradley)**, в 1720 году Джеймс Брэдли провёл серию экспериментов, пытаясь измерить звёздный параллакс путём измерения звёзд в разное время года. По мере того как Земля движется вокруг Солнца, видимый угол к данной удалённой точке изменялся. Измеряя эти углы, можно вычислить расстояние до звезды на основе известной окружности орбиты Земли вокруг Солнца. Он не обнаружил никакого параллакса, тем самым установив нижний предел расстояния до звёзд.

Во время этих экспериментов Брэдли также обнаружил эффект звёздная aberrация.

Брэдли объяснил этот эффект в контексте корпускулярной теории света Ньютона, показал, что угол aberrации задаётся простым сложением вектора орбитальной скорости Земли и скорости корпускулярного света, так же как вертикально падающие капли дождя ударяют движущийся объект. Зная скорость Земли и угол aberrации, это позволило ему оценить скорость света.

Объяснение звёздной aberrации в контексте теории света, на основе неподвижного эфира, считалось более проблематичным. Поскольку aberrация основывалась на относительных скоростях света и Земли, а измеренная скорость света зависела от движения Земли в неподвижно эфире. Эфир должен был оставаться неподвижным относительно звезды, когда Земля двигалась через него.

Но как мы увидим в конце этой работы, именно это первое представление Брэдли, что звёздная aberrация основана на отношении скорости света и Земли, было первым выявлением, что скорость света в движущейся системе равна векторной сумме скорости света и скорости Земли.

## **Теория волн торжествует. Томас Янг и Огюстен-Жан Френель 1788 – 1827г.**

Столетие спустя Томас Янг и Огюстен-Жан Френель<sup>4</sup> возродили волновую теорию света, когда они указали, что свет может быть поперечной волной, а не продольной волной – поляризация поперечной волны (как и "стороны" света Ньютона) может объяснить двух лучевое преломление, и после серии экспериментов по дифракции, модель частиц Ньютона была окончательно оставлена. Более того, физики предполагали, что, подобно механическим волнам, световые волны нуждаются в среде для распространения и, следовательно, требуют идею Гюйгенса об эфирном "газе", пронизывающ всё пространство.

### **Заключение свойства эфира**

Механические свойства эфира становились все более и более магическими: он должен был быть текучим, чтобы заполнить пространство, но который был в миллионы раз более жёстким чем сталь, чтобы пропускать высокие частоты световых волн. Он также

должен был быть безмассовым и не иметь вязкости, иначе это заметно повлияло бы на орбиты планет. Кроме того, оказалось, что он должен быть полностью прозрачным, не дисперсионным, несжимаемым и непрерывным в очень небольших масштабах.

Как мы видим, мнения учёных об эфире до опыта Физо существенно расходились в теоретическом плане. Обратите внимание, что принципиальным историческим экспериментам для возможности выявления свойств эфира и скорости света в движущейся среде был эксперимент Физо 1851г.

Но анализ эксперимента Физо находился под влиянием выше изложенных представлений об эфире сформировавшимися в основном на философских и астрономических представлениях о свойствах распространения света во вселенной, а не на точных физических экспериментах.

В дальнейшем эксперимент Физо сыграл исключительно большую роль в наших знаниях об пространстве и времени и послужил основой специальной теории относительности. Волновая теория света привела к представлению о мировом эфире – среде, заполняющей всё мировое пространство и пронизывающее все тела. Сперва считалось, что к



эфиру применимы законы классической механики и что эфир будучи механической средой, может служить системой отсчёта и что можно определить движение тела относительно эфира. Изменения произошли, в связи с развитием электромагнитной теории света, механические представления об эфире были заменены более общими электромагнитными. Представление электромагнитного эфира не изменило предположение о возможности определять передвижение тел относительно неподвижного эфира.

Поскольку эфир представлялся средой, заполняющей всё мировое пространство, движение относительно эфира мыслилось как абсолютное движение. То есть, движение относительно такого гипотетического покоящегося эфира называли абсолютным.

Гипотеза о существовании эфира выдвигала постановку ряда опытов, цель которых была точнее изучить свойства эфира и характер его взаимодействия с обычными телами. Прежде всего возникал вопрос, увлекают ли прозрачные тела, при их движении находящийся в них эфир или нет. Ответ на это вопрос должен был дать опыт Физо.

## **§2 ИСТОРИЯ ОПЫТА ФИЗО 1815 г.**

Раньше, чем вспомнить опыт Физо остановимся на принципах представления движения светового сигнала в неподвижном эфире на которых был ожидаем результат эксперимента Физо, Рис. 1.

Этот же принцип применялся в теории параллельных зеркал <sup>5</sup>, для исследования движения луча света в движущихся параллельно друг другу зеркал.

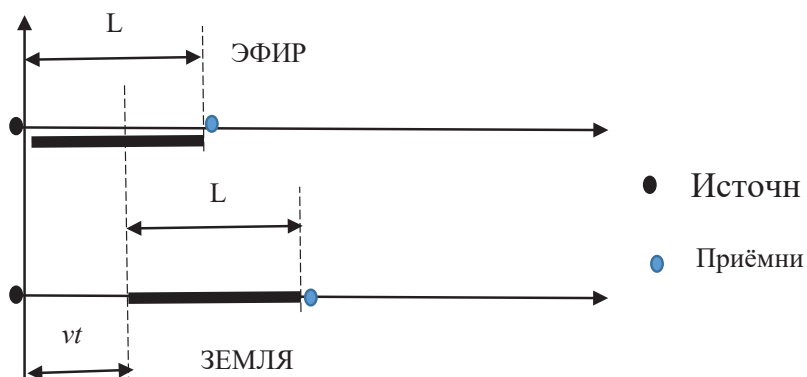


Рис. 1

### Объяснение принципиальной теории покоящегося эфира.

Эмиссионная (или корпускулярная) теория: свет есть поток частиц, излучаемых источником. В пользу этого мнения говорила прямолинейность распространения света, на которой основана геометрическая оптика.

На Рис. 1 показаны графически основные идеи теории покоящегося эфира. Неподвижный эфир представлял собой не материальную среду недвижимую во вселенной. И свет, распространяется в этой среде, в среде, которая не меняет своего положения в пространстве.

### Движение луча света в направлении продольном движению Земли.

При этих условиях, если выпустить луч света из источника света, в любой момент в неподвижном эфире, в направлении продольном удаляющейся Земли, то зеркало, расположенное на движущейся Земле, будет удаляться от световой волны со скоростью  $v$ , Рис. 1. А это значит, что скорость движения луча света в направлении удаления движущегося зеркала уменьшится и будет равна  $c - v$ .

Значит время прохождения лучом света расстояния  $L$  в этом направлении будет равно

$$T_1 = \frac{L}{c-v} \quad 1)$$

Если же мы поменяем расположение источник света и зеркало, то зеркало будет приближаться к источнику света со скоростью  $v$ . И луч свет увеличит свою скорость на скорость приближения зеркала

$$T_2 = \frac{L}{c+v} \quad 2)$$

Значит результирующее время прохождения луча света в двух направлениях по представлениям того времени продольно движению Земли будет равно

$$T = \frac{L}{c-v} + \frac{L}{c+v} \quad 3)$$

$$\begin{aligned} T &= \frac{(c+v)L + (c-v)L}{c^2 - v^2} \\ &= \frac{cL + vL + cL - vL}{c^2 - v^2} = 2L \frac{c}{c^2 - v^2} \end{aligned}$$

$$T = \frac{2Lc/c^2}{1-v^2/c^2} = \frac{2L/c}{1-v^2/c^2} = \frac{2L}{c} \div \frac{1-v^2/c^2}{1} =$$

$$\frac{2L}{c(1-\frac{v^2}{c^2})} = \frac{2L}{c} \frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}} \quad 4)$$

Но теория эфира Герца подразумевала, что эфир затягивается движением материальной среды и меняет свою скорость. При этом, если предположить, что эфир движется в направлении движения Земли, под влиянием движущейся среды со скоростью  $v$ , то скорость света в движущемся эфире в направлении движения земли будет равна  $c+v$  а в направлении против направления движения земли  $c-v$ , как следовало из теории Герца.

Но теория неподвижного эфира была фундаментальной, поскольку позволяла определить во вселенной неподвижный объект, то есть неподвижный эфир, относительно которого можно было определять абсолютное движение, как твёрдых объектов классической механики, так и движение электромагнитных волн с постоянной скоростью  $c$ .

И для подтверждения неподвижности эфира, подготовили эксперимент Физо.

**ОПЫТ ФИЗО <sup>6</sup> 1815 г.**

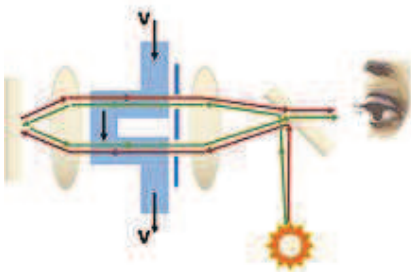


Рисунок 2. Установка эксперимента Физо (1851 г.)

Очень упрощённое представление эксперимента Физо 1851 года представлено на Рис. 2. Входящий свет разделяется на два луча, с помощью света делителя и проходит через два столба воды, протекающей в противоположных направлениях. Два луча света, затем объединяются для формирования интерференционной картины, которая может быть интерпретирована наблюдателем.

Упрощённая схема, показанная на рисунке 2, потребовала бы использование монохроматического света, который оставлял бы только тусклые полосы. Из-за короткой длины когерентности белого света использование белого света потребовало бы согласования оптических путей до непрактичной степени точности, и аппарат был бы чрезвычайно чувствителен к вибрации, сдвигам движения и температурным эффектам.

С другой стороны, действительный аппарат Физо показан на Рис. 3. Он был настроен, как интерферометр Общего-пути. Это гарантировало, что противоположные лучи будут проходить через эквивалентные пути, так что границы легко образуются даже при использовании солнца в качестве источника света.

Двойной проход света имел целью, увеличить расстояние, пройденное в движущейся среде, и далее полностью компенсировать любую случайную разницу температуры или давления между двумя трубками, которая могла бы привести к смещению краёв, которое смешалось бы со смещением, которое произвело бы только движение, и, таким образом, сделало бы наблюдение за ним неопределённым.

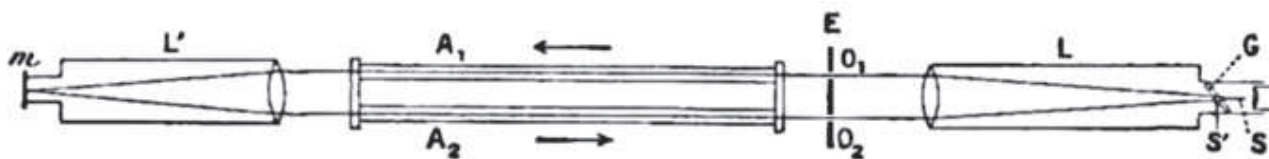


Рисунок 3. Установка эксперимента Физо (1851 г.)



Луч света, исходящий от источника  $S'$ , отражается световым-делителем  $G$  и колируется в параллельный луч линзой  $L$ . После прохождения щелей  $O1$  и  $O2$  два луча света проходят через кюветы  $A1$  и  $A2$ , через которые вода течёт вперёд и назад, как показано стрелками. Лучи отражаются от зеркала в фокусе линзы  $L'$ , так что один луч всегда распространяется в том же направлении, что и поток воды, а другой луч противоположен направлению потока воды. После прохождения туда и обратно через кюветы оба луча объединяются в точке  $S$ , где они создают интерференционные полосы, которые можно визуализировать через **проиллюстрированный окуляр**. Интерференционная картина может быть проанализирована для определения скорости света, распространяющегося вдоль каждой ветви трубки.

В случае, когда эфир, в котором распространяются световые волны, не движется водой, согласно теории, скорость луча света будет одинаковой для воды и равна скорости света в воде  $c_{\text{вод}} = \frac{c}{n}$ , где  $c$  - скорость света в свободном недвижимом эфире, а  $n$  - показатель преломления воды.

Согласно теории неподвижного эфира, ожидалось, что скорость света на участке траектории, проходящей через движущуюся воду, относительно зеркала  $m$  и источника  $S'$ , не зависит от направления потока воды, а именно. И если предположить, что она будет зависит от скорости потока воды, то она будет равна  $\frac{c}{n} - v$  для луча в направлении воды, и  $\frac{c}{n} + v$  для луча в противоположном направлении воды. Таким образом, опираясь на теорию неподвижного эфира, что движущаяся среда, такая как вода, не будет изменять скорость движения света, ожидали результат от опыта Физо, что разница времени прохождения луча света в движущейся воде по направлению воды и против направления воды в кюветах длиной  $L$  не будет существовать. Но получили следующий результат

$$\Delta t = \frac{2L}{\frac{c}{n} - v} - \frac{2L}{\frac{c}{n} + v} = \frac{4Lv}{\frac{c^2}{n^2} - v^2} = \frac{4Lvn}{c^2 - n^2v^2} \quad 5)$$

Наблюдаемый эффект и подсчитанные результаты, с большой неточностью, эксперимента Физо, как считали учёные, не оправдал надежды ни теории неподвижного эфира, ни теории Герца о полном затягивании эфира движением среды, поскольку результат показал в

два раза меньше значение времени, которое ожидалось по теории Герца, что движущаяся среда изменяет скорость эфира, уравнение 5).

Но груз предыдущих небесных исследований о свойстве неподвижности эфира доминировал в сознании учёных в стремлении найти во вселенной неподвижный объект, относительно которого можно было определять абсолютное движение, как твёрдых объектов классической механики, так и движение электромагнитных волн.

Поэтому, после долгих поисков как объяснить это явление, получив очевидную зависимость изменения скорости луча света от изменения скорости  $v$  потока воды, вернулись к доминируемой утверждённой теории неподвижного эфира базирующемся на утверждении, что скорость света есть величина постоянная в эфире. Отказались от теории Герца и выбрали теорию Френеля (Fresnel), которая довольно абстрактно утверждала о том, что движущаяся среда не изменяет состояние покоя эфира, а значит, что движущаяся среда не изменяет скорость света и эфир всегда находится в покое.

Согласно теории Френеля, эфир не притягивается телами в движении, в частности Землёй, а проходит сквозь них. Но плотность эфира в

веществе  $\rho_1$  больше чем плотность эфира вне вещества  $\rho$ , в следствии инвариантности эластичности.

Таким образом показатель преломления равен

$$n = \frac{c}{c_1} = \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho}} \quad 6)$$

Где,  $\rho_1$  плотность эфира,  $\rho$  плотность атмосферы.

Поэтому, Френель утверждал, что движущееся вещество заполняется эфиром, и оно становится более твёрдым. Например, если предположить, что цилиндр с сечением  $1\text{см}^2$  движется по направлению своей оси со скоростью  $v$  относительно покоящегося эфира, то через сечение цилиндра в течении 1сек пройдёт объём  $V$  массой  $V\rho$ .

Поэтому, когда плотность эфира внутри цилиндра станет  $\rho_1$ , то масса эфира, которая проникла в цилиндр должна двигается со скоростью  $v_1$  относительно атмосферы, которая определяется условиями

$$v_1 \rho_1 = v \rho \quad 7)$$

Откуда

$$v_1 = \frac{v \rho}{\rho_1} = \frac{v}{n^2} \quad 8)$$

Таким образом Френель утверждал, что эфир не затягивается твёрдыми телами в движении, однако движется относительно них не со скоростью  $v$ , а с меньшей скоростью  $v_1$ .

Если свет распространяется в направлении движения тела, его скорость внутри тела, по отношению к телу, будет равна  $c_1 - v_1$  (Рис. 1 тело будет удаляться от луча света со скоростью  $v_1$ ). А по отношению к предметам, находящимся вне тела его скорость будет равна

$$c_1 - v_1 + v = c_1 + v \left( 1 - \frac{v_1}{v} \right) = c_1 + v \left( 1 - \frac{1}{n^2} \right) \quad 9)$$

Если свет распространяется в направлении против движения тела его скорость внутри тела по отношению к телу будет равна

$$c_1 = v \left( 1 - \frac{1}{n^2} \right) \quad (10)$$

Применив эту теорию как основную, к эксперименту Физо, учёные пришли к заключению, что эфир не подвижный и его затягивание движущейся средой зависит только от коэффициента преломления  $n$  (уравнения 9), 10) и если использовать вместо воды атмосферу у которой  $n = 1$ , то эфир будет не подвижен, поскольку скорость света в любом направлении будет равна  $c$  (9), 10)).

Но мы здесь ещё раз обратим внимание о не понятных заключениях и искусных оправданий, своих априорных гипотетических знаний, что эфир неподвижен и скорость света константа. Да результат показал, по их расчётам, в два раза меньше значение времени, которое ожидалось по теории Герца, что движущаяся среда изменяет скорость эфира, уравнение 5). Но ясно, что при изменении скорости воды в опыте, они

получали явную зависимость скорости света от скорости движения среды и это было очевидно уравнение 5), если учитывать не точность их измерений. Но они все равно отвергли эту возможность изменения скорости света от скорости среды, хотя результат опыта Физо по отношению к теории неподвижного эфира составлял очевидную ошибку.

### **Заключение**

Таким образом, этот взгляд на распространение световой волны в эфире неподвижном, в движущихся инерциальных системах Галилея, глубоко укоренился во всех последующих научных исследованиях, как экспериментальных, так и в теоретических, и привёл к уравнениям трансформации из инерциальной системы покоя в систему движения, в работах Лоренца и в работе специальной теории относительности А. Эйнштейна.

Следует отметить, что по теории Френеля движение среды в опыте Физо добавляет свету лишь часть скорости среды (предсказанную Френелем, чтобы заставить закон Снелла (Snell) работать во всех системах отсчёта, в соответствии со звёздной абберацией). Первоначально это интерпретировалось означая, что среда увлекает

эфир вместе с частью скорости среды. Но это понимание стало очень проблематичным после того, как Вильгельм Вельтман (Wilhelm Veltmann)<sup>7</sup> продемонстрировал, что индекс  $n$  в формуле Френеля зависит от длины волны света, так что эфир не может двигаться с независимой от длины волны скоростью. Это подразумевало, что для каждой из бесконечно многих частот должен быть отдельный эфир.

## **ПОСЛЕДУЮЩИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПЫТА ФИЗО**

Как было сказано, для объяснения опыта Физо, перед опытом Майкельсона была выбрана теория Френеля отвергнув теорию Герца о подвижности эфира.

Физики, во многих случаях расходились во мнениях.

Ниже мы кратко изложим продолжающиеся до настоящего времени, представления Герца и другие экспериментальные и теоретических исследования эфира и определения скорости света и земли. Поскольку эти вопросы остаются до сегодняшнего времени очень важными, для понимания специальной теории относительности и наполнения её



смыслом исторических фундаментальных экспериментальных и теоретической исследований в физике.

Альберт А. Майкельсон и Эдвард У. Морли <sup>8</sup> (1881) повторили эксперимент Физо с повышенной точностью, решая ряд проблем, связанных с первоначальным экспериментом Физо. Деформация оптических компонентов в аппарате Физо могла вызвать артефакт смещение полос.

В повторном опыте, измерение проводились быстро, таким образом поток воды под давлением длился лишь короткое время и профиль ламинарного потока воды, протекающей через трубки, не создавал неопределённости в определении скорости потока по диаметру труб.

Майкельсон перепроектировал аппарат Физо с трубами большего диаметра и большим резервуаром, обеспечивающим три минуты постоянного потока воды. Его конструкция интерферометра общего пути обеспечивала автоматическую компенсацию длины пути, так что полосы белого света были видны сразу, как только оптические элементы были выровнены.

Но результат этого эксперимента дал тот же результат что и эксперимент Физо.

### **Теоретическая модель эфира после опыта Физо.**

Как мы увидим ниже, дебаты об эфире не прекратились после опыта Физо. Наоборот различные интерпретации опыта Физо, старыми и новыми физическими теориями продолжались.

Наиболее важными моделями эфира были две модели Августина-Джина Френеля (1818 г.), и Джорджа Габриэля Стокса (G. G. Stokes )<sup>9</sup> (1844).

Модель Френеля, как указано выше, была предназначена для описания относительного движения Земли и эфира, и была моделью почти стационарного эфира, включающая частичное увлечение эфира, определяемое коэффициентом увлечения Френеля.

Модель Джорджа Габриэля Стокса (1844), была моделью полного сопротивления эфира.

Джордж Габриэль Стокс стал сторонником интерпретации уноса, разработав модель, в которой эфир может быть (по аналогии с сосновой смолой) жёстким на очень высоких частотах и жидким на более низких скоростях. Таким образом, Земной шар мог бы двигаться через эфир довольно свободно, но эфир был бы достаточно жёстким, чтобы поддерживать, пропускать, обеспечивать, обуславливать распространение света на всех частотах.

Модель Стокса не считалась правильной, поскольку как думали, она не была совместима с абберацией света, и вспомогательные гипотезы жёсткости эфира, разработанные для объяснения проблемы пропускания эфиром большого диапазона частот, не были убедительными.

Таким образом, как считали учёные, наиболее важным экспериментом, поддерживающим теорию Френеля, был эксперимент Физо в 1851. Теория устанавливала, что среда с показателем преломления  $n$ , движущаяся со скоростью  $v$ , будет увеличивать скорость света, проходящего через среду в том же направлении, что и движение среды со скоростью  $v$ , но на меньшую величину, зависящую от

коэффициента преломления. А при коэффициенте преломления равном 1, как в атмосфере, скорость света будет равна  $c$

$$c + v\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$$

Но как мы отметили раньше, это было тоже довольно шаткая теория, которая противоречила утверждению закону Снелла и др. Повторяем, было очень трудно отказаться от идеи неподвижности эфира, поскольку в таком случае мы бы не имели точки отсчёта всей фундаментальной физики, то есть точки покоя во вселенной.

**Хук (Martin Hoke)<sup>10</sup>, тоже в 1868 г. фактически получил нулевой результат, который мог бы подтвердит коэффициент перетаскивания Френеля  $\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$ .**

Его аппарат был похож на аппарат Физо, хотя в его варианте, только одна кювета содержала область, заполненную покоящейся водой, в то время как другая кювета была в воздухе. Таким образом, времена движения двух световых лучей, движущихся в противоположных

направлениях, были рассчитаны Хуком и тоже дали отрицательный результат для подтверждения коэффициента перетаскивания

### **Теория волн торжествует**

**Томас Янг (Thomas Young)<sup>11</sup> и Огюстен-Жан Френель 1788 – 1827г.**

Томас Янг и Огюстен-Жан Френель возродили волновую теорию света, когда они указали, что свет может быть поперечной волной, а не продольной волной – поляризация поперечной волны (как и "стороны" света Ньютона) может объяснить двух лучепреломление, и после серии экспериментов по дифракции, модель частиц Ньютона была окончательно оставлена. Более того, физики предполагали, что, подобно механическим волнам, световые волны нуждаются в среде для распространения и, следовательно, требуют идеи Гюйгенса об эфирном "газе", пронизывающ всё пространство

**Огюстен-Луи Коши (Augustin-Louis Cauchy)<sup>12</sup> 1789 – 1857г, Джордж Грин (George Green)<sup>13</sup>, 1793 – 1841г.**

Однако поперечная волна, по-видимому, требовала, чтобы распространяющаяся среда вела себя как твёрдое тело, а не как газ или

жидкость. Поскольку эфир пропускал в широком диапазоне низкие и высокие частоты волн. Идея твёрдого тела, которое не взаимодействует с другой материей, казалась немного странной.

Огюстен-Луи Коши предположил, что, возможно, существует какое-то "перетаскивание" или "унос", но это затрудняло понимание измерений aberrаций. Он также предположил, что отсутствие продольных волн предполагает отрицательную сжимаемость эфира. Джордж Грин указал, что такая жидкость будет нестабильной.

**Вильгельм Эдуард Вебер (Wilhelm Eduard Weber)<sup>14</sup>, 1804 – 1891г.,  
Рудольф Кольрауш (Rudolf Kohlrausch)<sup>15</sup>, 1809 – 1858г., Густав  
Кирхгоф (Gustav Kirchhoff)<sup>16</sup>, 1824 – 1887г.**

В 1856 году Вильгельм Эдуард Вебер и Рудольф Кольрауш измерили числовое значение отношения электромагнитной единицы заряда к электростатической единице заряда. Они обнаружили, что это отношение равно произведению скорости света и квадратного корня из двух.

В следующем году Густав Кирхгоф написал статью, в которой показал, что скорость сигнала по электрическому проводу равна скорости света.

Это первые зарегистрированные исторические связи между скоростью света и электромагнитными явлениями.

**Джеймс Клерк Максвелл (James Clerk Maxwell)<sup>17</sup>, 1831 – 1879г.**

**Магнитные силовые линии как соединение эфира с материей.**

Джеймс Клерк Максвелл начал работать над силовыми линиями Майкла Фарадея. В своей статье 1861 года «О физических силовых линиях» он смоделировал эти магнитные силовые линии, используя идею волнения молекулярных вихрей, которые он считал частично сделанными из эфира и частично из обычной материи. Он вывел выражения для диэлектрической проницаемости и магнитной проницаемости в терминах поперечной эластичности и плотности этой эластичной среды. Затем он приравнял отношение диэлектрической проницаемости к магнитной проницаемости с соответствующим образом адаптированной версией результата Вебера и Кольрауша 1856 года и подставил этот результат в уравнение Ньютона для скорости звука. Получив значение, близкое к скорости света, измеренной Ипполитом Физо, Максвелл пришёл к выводу, что свет состоит в волнообразном движении одной и той же среды, которая является причиной электрических и магнитных явлений.

Максвелл, однако, выразил некоторую неопределённость, касающуюся точной природы его молекулярных вихрей, и поэтому он начал предпринимать чисто динамический подход к проблеме. В 1864 году он написал ещё одну статью под названием «Динамическая теория электромагнитного поля», в которой детали светонесущей среды были менее явными. Хотя Максвелл явно не упоминал море молекулярных вихрей, его вывод кругового закона Ампера, был перенесён из статьи 1861 года, и он использовал динамический подход, включающий вращательное движение в электромагнитном поле, которое он сравнил с действием маховиков. Используя этот подход, чтобы оправдать уравнение электродвижущей силы (предшественник уравнения силы Лоренца), он вывел волновое уравнение из набора из восьми уравнений, которые появились в статье и которые включали уравнение электродвижущей силы и закон Ампера. Максвелл ещё раз использовал экспериментальные результаты Вебера и Кольрауша, чтобы показать, что это волновое уравнение представляет собой электромагнитную волну, которая распространяется со скоростью света, следовательно, подтверждая мнение, что свет является формой электромагнитного излучения.

У Максвелла волнения молекулярных вихрей есть очевидная потребность для распространения волн Герца, может быть



мотивирована фактом, что волны состоят из ортогональных электрических ( $E$ ) и магнитных ( $B$  или  $H$ ) волн.  $E$ -волны состоят из волнообразных дипольных электрических полей, и все такие диполи, по-видимому, требуют разделённых и противоположных электрических зарядов.

Электрический заряд является неразрывным свойством материи, поэтому оказалось, что для обеспечения переменного тока, который, по-видимому, должен существовать в любой точке пути распространения волны, требовалась какая-то форма материи. Распространение волн в истинном вакууме подразумевало бы существование электрических полей без связанного электрического заряда или электрического заряда без связанного вещества. Несмотря на совместимость с уравнениями Максвелла, электромагнитная индукция электрических полей не может быть продемонстрирована в вакууме, поскольку для всех методов обнаружения электрических полей требуется электрически заряженная материя.

Он подразумевал существование материи в эфире. Но эфир был гипотезой, как абсолютная и уникальная система отсчёта не движущаяся. Скорость света постоянная – осталась так же из представлений Максвелла, но не надо путать, что только для измерений в Земных системах движения, таких как лаборатории.

Поэтому уравнения Максвелла требовали, чтобы все электромагнитные волны в вакууме распространялись с фиксированной скоростью,  $c$ . Поскольку это может происходить только в одной системе отсчёта в Ньютоновской физике (см. Галилео-Ньютоновскую теорию относительности), эфир был гипотезой как абсолютная и уникальная система отсчёта, в которой уравнения Максвелла имеют место. То есть эфир должен быть "неподвижным" повсеместно, иначе скорость света будет варьироваться вместе с любыми вариациями, которые могут возникнуть в его поддерживающей среде.

Все эти новые представления об луче света, как электромагнитной волне и источников её возникновения в электродинамике, тоже вступали, как новый теоретический потенциал для, нахождения решения опыта Физо проведённого в последствии Майкельсоном 1881г, а также для нахождения решения результатов нового опыта Майкельсона 1887 г., выполненного в кюветах с воздухом.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Treatise on Light by Christiaan Huygens,  
<http://www.gutenberg.org/ebooks/14725>

2. Newton, Isaac: *Opticks* (1704). Fourth edition of 1730. (Republished 1952 (Dover: New York), with commentary by Bernard Cohen, Albert Einstein, and Edmund Whittaker).
  3. Fresnel, A. (1818). "Lettre d'Augustin Fresnel à François Arago sur l'influence du mouvement terrestre dans quelques phénomènes d'optique". *Annales de Chimie et de Physique*. 9
  4. 10. Robert Katz '' An Intraduction to the special theory of relativity'', 1964
  5. Fizeau, H. (1851). "The Hypotheses Relating to the Luminous Aether, and an Experiment which Appears to Demonstrate that the Motion of Bodies Alters the Velocity with which Light Propagates itself in their Interior" . *Philosophical Magazine*. 2.
  6. Wilhelm Veltmann deutscher Mathematiker und Physiker  
<https://viaf.org/viaf/47538263/>
  7. Michelson, A. A. & Morley, E.W. (1886). "Influence of Motion of the Medium on the Velocity of Light" . *Am. J. Sci.* 31 (185): 377–386. Bibcode:1886AmJS...31..377M. doi:10.2475/ajs.s3-31.185.377.
- Michelson, Albert Abraham (1881), "The Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether"
8. G. G. Stokes (1845). "On the Aberration of Light". *Philosophical Magazine*. 27 (177): 9–15. doi:10.1080/14786444508645215.
- G. G. Stokes (1845). "On the Aberration of Light". *Philosophical Magazine*. 27 (177): 9–15. doi:10.1080/14786444508645215.
9. *Hoek, M. (1868). ["Determination de la vitesse avec laquelle est entraînée une onde lumineuse traversant un milieu en mouvement"](#). *Verslagen en Mededeelingen*. 2: 189–194.*

10. Young, T. (1802). "Bakerian Lecture: On the Theory of Light and Colours". *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 92: 12–48.  
doi:10.1098/rstl.1802.0004.
  
11. Cauchy, De la pression ou tension dans un corps solide, [On the pressure or tension in a solid body], *Exercices de Mathématiques*, vol. 2, p. 42 (1827)
  
12. Green, George (1842). "Supplement to a memoir on the reflection and refraction of light"  
  
"George Green". Archived from the original on 26 December 2010. – An excellent on-line source of George Green information
  
13. [https://www.researchgate.net/publication/295260396\\_The\\_1856\\_Weber-Kohlrausch\\_Experiment\\_The\\_Speed\\_of\\_Light](https://www.researchgate.net/publication/295260396_The_1856_Weber-Kohlrausch_Experiment_The_Speed_of_Light)
  
14. The Evolution of Applied Harmonic Analysis: Models of the Real World [https://books.google.es/books?id=fye--TBu4T0C&pg=PA147&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?id=fye--TBu4T0C&pg=PA147&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
  
15. Kirchhoff's banker, on hearing that Kirchhoff had identified the elements present in the Sun, remarked "of what use is gold in the Sun if it cannot be brought to Earth?" Kirchhoff deposited his prize money (gold sovereigns) with the banker, saying "here is gold from the Sun."  
  
Everest, A S (1969). "Kirchhoff-Gustav Robert 1824–1887". *Physics Education*. 4 (6): 341. Bibcode:1969PhyEd...4..341E. doi:10.1088/0031-9120/4/6/304.
  
16. Maxwell, James Clerk (1878), "Ether" , in Baynes, T.S. (ed.), *Encyclopædia Britannica*, 8 (9th ed.), New York: Charles Scribner's Sons, pp. 568–572

