



И. Физо

1819—1896

О распространении света в движущихся телах

Вопрос о том, как влияет движение тел на распространение света, приобрел особую актуальность после открытия английским астрономом Дж. Брадлеем явления аберрации света (1727), которое было объяснено им как результат сложения скорости света, идущего от звезды, и скорости орбитального движения Земли. Однако в XVIII в. в отсутствие количественной теории света, опиравшейся на четкие представления о его природе, решение этого вопроса было невозможно.

В первое десятилетие XIX в., ознаменовавшееся первостепенными открытиями в оптике, французский физик Ф. Араго предпринял попытку с помощью эксперимента определить, влияет ли движение тел на распространение света. Поскольку коэффициент преломления света n и в волновой, и в корпускулярной теории связан со скоростью его распространения в веществе, в 1810 г. Араго исследовал преломление света, идущего от звезд, в призме, находящейся в покое относительно Земли, и сравнил полученный эффект с преломлением в той же призме света от земного источника, неподвижного относительно нее. Оказалось, движение Земли в пределах точности опыта не влияет на преломление света. Этот результат был доложен на заседании Академии наук, но объяснения ему дано не было. Спустя несколько лет Араго обратился к Френелю, одному из основоположников волновой теории света, с просьбой объяснить обнаруженный им опытный факт. Френель в письме, адресованном Араго (которое было вскоре опубликовано), изложил свое объяснение. Оно основывалось на представлении об эфире, пронизывающем все тела, плотность которого зависит от рода веществ: по Френелю, $n = \sqrt{\rho'/\rho}$, где ρ' и ρ — плотности эфира в веществе и вне его, соответственно ($\rho' > \rho$); упругость эфира полагалась везде одинаковой. Френель считал, что при движении тел ими увлекается только та часть эфира, которая составляет избыток плотности $\rho' - \rho$. Следствием этого предположения явился вывод выражения для так называемого коэффициента частичного увлечения эфира $\mu = 1 - 1/n^2$. Результирующая скорость света в теле относительно неподвижного наблюдателя равна

$$v' = \frac{c}{n} \pm \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) u,$$

где u — скорость тела, т. е. распространение света происходит таким образом, как если бы эфир увлекался телом не полностью, а с эффективной скоростью μu .

Хотя теория Френеля хорошо объясняла результаты опытов Араго, ее приняли далеко не все физики: слишком необычными казались некоторые из ее основных положений. В этих условиях требовалась прямая проверка теории Френеля специальным экспериментом. Такая проверка была впервые проведена в 1851 г. французским оптиком Ипполитом Физо.

Арман Ипполит Луи Физо родился 23 сентября 1819 г. в Париже, в семье профессора медицины. Он получил хорошее начальное образование и, мечтая пойти по стопам отца, поступил на медицинский факультет университета. Однако из-за болезни ему пришлось прервать учебу и уехать из столицы; когда же он вернулся в Париж, то отказался от изучения медицины и обратился к физике.

В Коллеж де Франс он посещал лекции известного физика-экспериментатора В. Реньо, следил за лекциями в Политехнической школе. Однако наибольшее значение для Физо имела учеба в Парижской обсерватории под руководством Ф. Араго.

Первым серьезным достижением Физо в оптике были опыты, проведенные им совместно с Л. Фуко, в которых наблюдалась интерференция света при разности хода $\Delta \simeq 7000\lambda$ (1846), что достигалось использованием монохроматического излучения. Содружество Физо и Фуко, однако, длилось недолго. Вскоре они порознь занялись проблемой измерения скорости света в земных условиях. Первым в этом творческом споре добился успеха Физо: в 1849 г. он провел ставший классическим опыт по определению скорости света с помощью зубчатого колеса. Тогда же Физо совместно с Е. Гунелем пытался измерить скорость «распространения электричества», но их эксперименты не увенчались успехом. Физо много экспериментировал и в других областях физики. Он, в частности, занимался исследованием теплового расширения тел, конструировал физические приборы.

Научные заслуги Физо получили широкое признание. Он был избран членом Академии наук Франции, членом Лондонского королевского общества, не раз удостоивался наград различных научных учреждений. В течение многих лет Физо был профессором Политехнической школы в Париже. Умер ученый 18 сентября 1896 г.

Еще до постановки опыта с зубчатым колесом, в 1848 г., Физо опубликовал теоретическую работу, в которой независимо от Х. Доплера сформулировал идею о зависимости частоты света, воспринимаемой наблюдателем, от относительного движения источника и наблюдателя. Интерес к оптике движущихся тел в 1851 г. привел Физо к проведению опытов по исследованию распространения света в движущейся воде, которые подтвердили формулу Френеля для μ . Над результатами этих опытов Физо размышлял многие годы (их подробное описание было опубликовано лишь в 1859 г.). Физическая интуиция подсказывала ученому, что, несмотря на подтверждение формулы Френеля, предположения, на которых основывался ее вывод, впоследствии

могут быть пересмотрены. История подтвердила предвидение Физо: его опыты рассматриваются теперь как важное подтверждение релятивистского правила сложения скоростей.

**О гипотезах относительно
светового эфира и об одном
эксперименте, который
по-видимому, показывает,
что движение тел меняет
скорость, с которой свет
распространяется внутри этих
тел**

Для расчета явления абберации света в рамках волновых представлений было предложено несколько теорий. Сначала Френель, а недавно Доплер, Стокс, Челлис и другие опубликовали работы на эту тему; однако незаметно, чтобы хоть одна из предложенных теорий была полностью принята физиками. В отсутствие определенных представлений о свойствах светоносного эфира и его взаимоотношений с весомой материей приходилось выдвигать гипотезы, и среди предложенных есть более или менее вероятные, но нет ни одной, которую можно рассматривать как доказанную.

Эти гипотезы можно свести к трем основным, соответствующим тому состоянию, в котором следует рассматривать эфир, существующий внутри прозрачных тел:

либо эфир связан и как бы прикреплен к молекулам тела и, следовательно, участвует в движениях, которые могут сообщаться этим телам;

либо эфир свободен и независим и не увлекается телами в их движениях;

либо, наконец, по третьему предположению, которое имеет отношение и к первому, и ко второму, свободной остается лишь часть эфира, а другая часть прикрепляется к молекулам тела, и только она и участвует в его движении.

Эта последняя гипотеза, которой мы обязаны Френелю, была предложена, чтобы удовлетворить закону абберации и объяснить знаменитый опыт Араго, посредством которого он показал, что движение Земли не влияет на преломление, испытываемое светом звезд в призме. Таким образом, эти два явления объясняются со значительной точностью; однако или потому, что концепция Френеля казалась слишком необычной, чтобы ее приняли без более прямых доказательств, или потому, что кажется возможным удовлетворить наблюдаемым явлениям с помощью какой-либо из двух гипотез, или, наконец, потому, как думали некоторые физики, что определенные следствия этой теории казались противоречащими эксперименту, несомненно, что гипотеза Френеля не принимается сегодня как доказанная истина и взаимо-

связь эфира и весомой материи все еще обычно считается очень неопределенной.

Следующие соображения привели меня к попытке поставить опыт, который, как мне казалось, должен был прояснить этот вопрос.

Можно заметить, что если тело во всех трех гипотезах предполагается движущимся, то скорость, с которой свет проходит через него, должна отличаться от той, с которой свет проходит через покоящееся тело, и для каждой гипотезы влияние движения на скорость света будет различным.

Так, если предположить, что эфир увлекается телом в его движении, то скорость света должна увеличиться на полную величину скорости тела, если считать луч направленным в сторону движения.

Если эфир остается свободным, то скорость света совершенно не меняется.

Наконец, если увлекается только часть эфира, то скорость света будет увеличена, но лишь на часть скорости тела, а не на ее полную величину, как в первой гипотезе. Этот вывод не столь очевиден, как два предыдущие, но Френель показал, что его можно подкрепить весьма вероятными механическими соображениями.

Таким образом, если предположить, что можно точно установить скорости света в покоящемся теле и в теле, находящемся в движении, то если скорость, соответствующая состоянию покоя, окажется вследствие движения увеличенной на полную скорость тела, то будет получено подтверждение первой гипотезы.

Если скорость одинакова в обоих случаях, будет удовлетворена вторая гипотеза.

Если скорость, соответствующая состоянию покоя, будет увеличена только на часть скорости тела, то результат будет в согласии с третьей гипотезой.

Справедливо, что свет распространяется со скоростью, столь большой по отношению к скоростям, которые мы можем сообщить телам, что изменение скорости, возможное для света, в общем случае слишком незначительно, чтобы быть наблюдаемым. Однако при предельно благоприятных условиях, мне кажется, возможно подвергнуть решающей проверке две среды, воздух и воду, которые по причине подвижности их частей легко могут быть приведены в движение с большими скоростями.

Мы обязаны Араго методом наблюдения, основанным на интерференции, который подходит для обнаружения малейших вариаций показателей преломления тел. С помощью нескольких весьма тонких наблюдений, таких, как обнаружение различия в преломлении, существующего между сухим и влажным воздухом, Араго и Френель доказали необыкновенную чувствительность этого метода.

Способ наблюдения основан на принципе, который, как мне

кажется, является единственным, позволяющим обнаружить изменения скорости, возникающие вследствие движения. Он состоит в создании интерференционных полос с помощью двух лучей света после их прохождения через параллельные трубки, в которых воздух или вода могут течь с большой скоростью в противоположных направлениях. Определенная мной специфическая цель потребовала ряда нововведений, которые я теперь перечислю.

Довольно большие трудности должны были встретиться в отношении интенсивности света. Свет должен был проходить сквозь стеклянные трубки с внутренним диаметром 5,3 мм вдоль их осей, а не у стенок. Вследствие этого щели должны быть разнесены гораздо дальше друг от друга, чем обычно, и поэтому в точке, где возникают полосы, интенсивность света была бы слишком малой.

Этого неудобства можно избежать, помещая собирающую линзу за этими двумя щелями. В этом случае полосы наблюдаются в точке сходимости двух лучей, где интенсивность света весьма значительная.

Поскольку длина трубки была достаточно большой (1,487 м), существовало опасение, что какая-либо разница в температурах или давлениях в двух трубках породит значительное смещение полос, которое может полностью замаскировать смещение, вызванное движением. Эта трудность была преодолена, поскольку два луча возвращались в трубки с помощью зрительной трубы, в фокусе которой помещено зеркало. Таким образом, каждый луч должен был последовательно пройти две трубы, причем так, что лучи проходили в точности по одной и той же траектории, но в противоположных направлениях, вследствие чего эффекты, вызванные различием температур или давлений, неизбежно компенсировались. С помощью множества испытаний я убедился, что так действительно происходит полная компенсация, и при любом искусственно созданном изменении плотности или температуры среды в одной из трубок полосы остаются в точности в том же положении. При таком положении полосы должны наблюдаться в точке выхода каждого из лучей. Пучок отклоняется в сторону и направляется к зрительной трубе посредством отражения от полупрозрачного зеркала. После прохождения двойных путей в трубах лучи соединялись и создавали интерференцию, которая возникала за пройденным ими стеклом, где полосы и наблюдались через окуляр с делениями.

Удвоенный путь лучей имел и другое преимущество, состоявшее в увеличении возможного эффекта движения. Этот эффект должен быть в точности таким, как если бы трубы имели удвоенную длину.

Эта установка позволяла также использовать очень простой способ увеличения полос до размеров, которые они не должны были бы иметь при расстоянии (около 9 мм), разделявшим щели. Этот способ состоял в помещении перед одной из щелей

очень толстого стекла, наклоненного таким образом, чтобы вследствие преломления щели казались расположенными очень близко друг к другу. Тогда полосы должны стать настолько шире, как и в том случае, если бы щели в действительности сблизились в той же мере, в какой они кажутся приближенными друг к другу. При этом не только заметно не уменьшается интенсивность, но ее даже можно значительно повысить, увеличивая размеры источника света. Варьируя наклон этого стекла, можно было по желанию менять ширину полос и придавать им подходящий размер, чтобы точно наблюдать их смещение.

Теперь я укажу расположение труб и аппарата, предназначенного для приведения воды в движение.

Две трубки на каждом из концов были закрыты кусками стекла, приклеенными с помощью шеллака и расположенными рядом почти перпендикулярно обычному направлению. Около каждого конца ответвление, образующее закругленное колено, создавало соединение с большей трубой, погруженной внутрь сосуда. Таким образом, имелось четыре сосуда, соединявшихся с четырьмя концами двух трубок.

С помощью соединительной трубки в один из сосудов, наполненный водой, можно было вводить сжатый воздух, заимствованный из резервуара воздушного насоса. Под действием давления вода поднималась в трубку, проходила по всей ее длине и попадала в противоположный сосуд. В него, в свою очередь, также мог подаваться сжатый воздух, и тогда жидкость возвращалась в первый сосуд, пробегая по трубе в обратном направлении. Так создавался поток воды, скорость которого доходила до 7 м/с. Один и тот же поток одновременно проходил по обеим трубкам, но в противоположных направлениях.

У наблюдателя под рукой имелись два крана, прикрепленные к резервуару с воздухом: если был открыт один из них, [определенное] движение устанавливалось сразу в двух трубках; если был открыт другой кран, направление движения было противоположным.

Резервуар, в котором воздух сжимался обычно до 2 атм, имел емкость 15 л; емкость сосудов составляла примерно 2 л; сосуды были разделены на равные объемы, и скорость воды рассчитывалась по длительности истечения $1/2$ л и площади сечения трубы.

Установка, представление о которой я только что попытался дать, применялась только для экспериментов с движущейся водой. С некоторыми модификациями она также подходит и для воздуха, однако опыты с движущимся воздухом были выполнены ранее с установкой, несколько отличной от данной, о которой я еще скажу ниже; и результаты были совершенно убедительными.

Я установил, что *движение воздуха не создает какого-либо осязательного смещения полос*. Я вернусь далее к этому результату и рассмотрю его более подробно.

Для воды имелось отчетливое смещение.

Полосы смещались вправо, когда вода прогонялась от наблюдателя в трубке, расположенной справа от него, и к наблюдателю — в трубке, расположенной слева.

Полосы смещались влево, когда направление потока в каждой трубке было обратно по отношению к только что определенному.

Во время протекания воды полосы сохраняли хорошую отчетливость: они сдвигались параллельно самим себе без малейшего сомнения на величину, ощутимо пропорциональную скорости воды. При скорости 2 м/с смещение было уже хорошо заметным, при скорости от 4 до 7 м/с оно было вполне измеримым.

При ширине одной полосы в пять делений микрометра в этом эксперименте было установлено, что при скорости воды 7,059 м/с смещение вправо составляло 1,2 деления и смещение влево — 1,2 деления.

Сумма двух смещений равна 2,4 деления, т. е. составляет практически $\frac{1}{2}$ полосы.

Чтобы предупредить возможные возражения, я должен сказать, что система из двух трубок и сосудов, в которой происходило движение воды, была полностью изолирована от других частей установки. Эта предосторожность была предпринята, чтобы давление или удар воды не могли породить каких-либо случайных изгибов в определенных частях установки, движения которых могли бы повлиять на положение полос. Кроме того, я убедился, что движение, намеренно сообщенное системе из двух трубок, не оказывало влияния на положение полос.

После констатации существования самого явления я постарался определить величину изменения скорости со всей точностью, которой можно было достичь. Для устранения источника ошибок, который, как мне казалось, должен был оказывать влияние на результаты, я изменял размеры полос, скорость воды и даже характер делений микрометра так, чтобы наблюдать разные смещения, величину которых я не мог заранее предвидеть. Действительно, при измерении малых величин, когда считывание играет важную роль, следует особенно опасаться предубеждения. Я думаю, что полученные мною результаты должны быть полностью защищены от этого источника ошибок.

Чаще всего эксперименты проводились при скорости 7,059 м/с, в ряде случаев при скорости 6,515 м/с и иногда при 3,7 м/с. Все полученные результаты были приведены к максимальной скорости 7,059 м/с и отнесены к ширине одной полосы как к единице [см. табл.].

Удваивая среднее значение, получаем 0,46, что очень близко к половине одной полосы и представляет смещение, возникающее, когда направление потока воды в трубах меняется на обратное. Вместе с величинами, полученными при наблюдении, указаны их разности со средним значением, чтобы показать отклонения от среднего с той и с другой стороны. Видно, что в целом они составляют неощутимую часть ширины полосы; самое большое

отклонение не превосходит $1/13$ полосы.

Одна трудность, которой нельзя было избежать, позволяет объяснить эти различия; максимальное смещение возникало только на довольно короткое время, и поэтому наблюдения должны были проводиться быстро. Если бы было возможно поддержать ток воды с постоянной скоростью в течение более длительного времени, измерения были бы более точными, но представляется, что осуществить это невозможно без внесения значительных изменений в установку; а эти изменения задержали бы завершение работы до такого времени года, когда опыты, требующие использования солнечного света, стали бы почти невыполнимыми.

Теперь я сравню найденную величину смещения полос с той, которая следует из каждой из обсуждавшихся гипотез.

Прежде всего достаточно, чтобы вследствие движения воды полосы вообще смещались на какую-либо величину, чтобы исключить предположение о совершенно свободном эфире, не зависящем от движения тел.

Теперь следует рассчитать, каким должно быть смещение полос в предположении, что эфир связан с молекулами тела так, что участвует в их движении.

Пусть v — скорость света в пустоте, v' — скорость света в покоящейся воде, u — скорость воды, которая полагается параллельной направлению лучей.

Скорость света в воде, когда эта жидкость находится в движении, становится равной для двух лучей $v' - u$ и $v' + u$, причем относительно двух лучей движение воды происходит в разных направлениях.

Если обозначить через Δ разность хода, а через E длину столба воды, проходимого лучами, то с помощью принципов, доказываемых теорией интерференции, можно найти

$$\Delta = E \left(\frac{v}{v' - u} - \frac{v}{v' + u} \right)$$

или

$$\Delta = 2E \frac{u}{v} \left(\frac{v^2}{v'^2 - u^2} \right).$$

Смещение полос для средней скорости течения, равной 7,059 м/с	Разность между наблюдаемыми и средними значениями
---	---

0,200	-0,030
0,220	-0,010
0,240	+0,010
0,167	-0,063
0,171	-0,059
0,225	-0,005
0,247	+0,017
0,225	-0,005
0,214	-0,016
0,230	0,000
0,224	-0,006
0,247	+0,017
0,224	-0,006
0,307	+0,077
0,307	+0,077
0,256	+0,026
0,240	+0,010
0,240	+0,010
0,189	-0,041

Сумма 4,373

Среднее 0,23016

Поскольку u очень мала по отношению $v' \left(\frac{u}{v'} = \frac{1}{33\,000\,000} \right)$, это выражение можно без заметной ошибки заменить таким:

$$E \frac{u}{v} - \frac{v^2}{v'^2}.$$

Если $m = v/v'$ — показатель преломления воды, то

$$\Delta = 2E \frac{u}{v} m^2.$$

Поскольку каждый луч проходит трубку дважды, его путь составляет удвоенную длину реальных трубок. Если обозначить через L эту последнюю величину, которая равна 1,4875 м, то предыдущая формула принимает вид

$$\Delta = 4L \frac{u}{v} m^2.$$

Производя числовые расчеты, получаем $\Delta = 0,0002418$ мм. Такова разность хода, которая должна существовать между двумя лучами согласно этой гипотезе.

В действительности этот расчет проведен для пустоты, и чтобы найти значение Δ для воздуха, его необходимо разделить на коэффициент преломления этой среды. Но этот коэффициент столь мало отличается от единицы, что для простоты можно пренебречь данным преобразованием, не делая ошибки, равной единице последнего порядка.

Разделив эту величину на длину волны, получим смещение полос, выраженное в единицах их ширины. Действительно, при разности хода в 1, 2, 3, m длин волн система смещается на 1, 2, 3, m полос.

Для данной величины E длина волны $\lambda = 0,000526$ соответствует лучам, которые кажутся в наибольшей степени сохраняющими свою интенсивность, поскольку свет проходит не очень значительную толщу воды.

В итоге для смещения полос находим

$$\Delta/\lambda = 0,4597.$$

Следовательно, для подтверждения гипотезы о том, что эфир приводится в движение со скоростью, равной скорости воды, в описанном выше эксперименте необходимо наблюдать смещение в 0,46 полосы.

Однако среднее из наблюдений дает 0,23 и, рассматривая значения, в наибольшей степени превосходящее среднее, можно видеть, что ни одно из них не приближается к числу 0,46. Я должен также добавить, что это число должно быть несколько больше вследствие небольшой ошибки в оценке скорости воды, смысл которой известен, как будет видно из дальнейшего, но исправить которую в теории невозможно. Очевидно, что эта гипотеза не согласуется с опытом.

Напротив, мы увидим, что третья гипотеза, которой мы обязаны Френелю, приводит к значению смещения, очень слабо отличающемуся от результата наблюдений.

Известно, что обычное явление преломления обусловлено тем, что свет распространяется внутри тел с меньшей скоростью, чем в пустоте. Френель принимал, что изменение скорости имеет место постольку, поскольку находящийся внутри тел эфир обладает большей плотностью, чем эфир в пустоте. А для двух сред, упругость которых одинакова и которые различаются лишь своими плотностями, квадраты скоростей распространения находятся в обратной пропорции с плотностями, т. е.

$$\frac{D'}{D} = \frac{v^2}{v'^2},$$

где D и D' — плотности эфира в пустоте и в теле, v и v' — соответствующие скорости распространения. Следовательно,

$$D' = D \frac{v^2}{v'^2}, \quad D' - D = D \frac{v^2 - v'^2}{v'^2}.$$

Последнее выражение дает избыток плотности внутреннего эфира.

Если тело приводится в движение, то принимают, что увлекается только часть внутреннего эфира и что эта часть и представляет избыток плотности по отношению к окружающему эфиру; значит, плотность этой движущейся части равна $D' - D$. Другая часть, которая остается неподвижной во время движения, имеет плотность, равную D .

Какой же теперь должна быть скорость распространения волн в среде, состоящей из части, находящейся в движении, и неподвижной части, если предположить для большей простоты, что тело движется в направлении распространения волны?

Френель полагает скорость, которую в этом случае приобретает центр тяжести системы, складывающейся со скоростью распространения волны.

Если u — скорость тела, то $u \left(\frac{D' - D}{D'} \right)$ — скорость центра тяжести системы и, согласно предыдущему, это выражение равно

$$u \left(\frac{v^2 - v'^2}{v'^2} \right).$$

Это величина, на которую должна возрасти скорость распространения волн.

Тогда, если v' — скорость распространения света, когда тело находилось в состоянии покоя, для движения тела получим

$$v' \pm u \left(\frac{v^2 - v'^2}{v'^2} \right).$$

Теперь с помощью этого выражения я рассчитаю смещение полюс, которое должно наблюдаться в рассматриваемом эксперименте.

При использовании тех же обозначений, что и раньше, и с учетом того, что для каждого из лучей, которые должны интерферировать, скорость распространения в воде, находящейся в движении, имеет величину, выражаемую последней формулой, разность хода будет иметь вид

$$\Delta = E \left[\frac{v}{v' - u \left(\frac{v^2 - v'^2}{v'^2} \right)} - \frac{v}{v' + u \left(\frac{v^2 - v'^2}{v'^2} \right)} \right]$$

после преобразований находим

$$\Delta = 2E \frac{u}{v} \left\{ \frac{v^2 - v'^2}{v'^2 - u^2 \left[(v^2 - v'^2) / v'^2 \right]^2} \right\}.$$

Это выражение можно упростить, учитывая, что u очень мало по отношению к v' ($\frac{u}{v'} = \frac{1}{33\,000\,000}$) и коэффициент при u^2 всегда много меньше единицы, что позволяет без ощутимой ошибки пренебречь членом с u^2 ; поскольку m — коэффициент преломления, а E — равно удвоенной длине L труб, получаем, наконец, приближенную формулу

$$\Delta = 4L \frac{u}{v} (m^2 - 1),$$

или, производя числовой расчет, находим $\Delta = 0,00010634$. Это разность хода, которую движение воды устанавливает между двумя интерферирующими лучами. Разделив ее на длину волны λ , получаем смещение полос $\Delta/\lambda = 0,2022$; наблюдение дает 0,23.

Эти два значения почти равны, и, кроме того, я покажу, что различие между наблюдением и расчетом с большой вероятностью объясняется ошибкой в оценке скорости воды; смысл этой ошибки легко понять, а о величине можно лишь по аналогии заключить, что она должна быть достаточно малой.

В действительности скорость воды в каждой трубке равна отношению объема воды, вытекающего из нее за 1 с, к площади сечения этой трубки. Таким способом получается средняя скорость воды, которая существовала бы, если бы движение струек жидкости было достаточно быстрым по всей ширине трубы, в центре и по краям. Анализ показывает, что это не так и что сопротивление, испытываемое жидкостью вдоль стенок, проявляющееся сильнее для соседних с ними слоев, стремится уменьшить их скорость относительно тех слоев, которые расположены ближе к центру. Отсюда следует, что в действительности для струек, неодинаково удаленных от стенок, скорости различаются и что скорость больше в центре, чем с края. При расчете получают промежуточное между двумя этими скоростями значение, и ближе к центру скорость на самом деле должна быть больше, чем средняя, а у стенок — меньше.

Однако щели, помещенные перед каждой трубкой для пропускания интерферирующих лучей, были расположены в середине

круглых концов трубок, так что лучи проходили через центральные зоны, для которых скорость воды должна превосходить среднюю скорость (каждая щель имела форму прямоугольника $3 \times 1,5$ мм, и ее площадь составляла $1/5$ сечения трубы).

Закон, которому подчиняются эти изменения скорости для движения воды в трубах, еще не определен, так что нельзя было ввести необходимую поправку. В то же время аналогия показывает, что ошибка, которая отсюда может происходить, не должна быть значительной. На практике этот закон был определен для течения воды в открытых каналах. В этом случае та же причина создает сходный эффект, и в середине канала вблизи поверхности воды наблюдается скорость, большая, чем средняя. Было найдено, что для ее значений, лежащих между 1 и 5 м/с, максимальная скорость получается при умножении средней скорости на некоторый коэффициент, который варьируется от 1,23 до 1,11, и аналогия позволяет предположить, что поправка, которую надо ввести, будет по величине того же порядка. <...>

Таким образом, смещение полос под влиянием движения воды и величина, на которую они смещаются, удовлетворительно объясняется теорией, предложенной Френелем. <...>

Успех этого эксперимента, мне кажется, должен повлечь за собой принятие гипотезы Френеля или по крайней мере закона, который он установил для выражения изменения скорости света вследствие движения тел. Хотя обнаружено, что закон является истинным, и это может быть очень сильным доводом в пользу гипотезы, для которой он — только следствие, возможно, концепция Френеля покажется настолько необычной и в некоторых отношениях столь трудно воспринимаемой, что потребуются еще и другие доказательства и углубленные исследования со стороны математиков, прежде чем она будет принята как выражение реального положения вещей.

Комментарий

Перевод с французского (с сокращениями) работы И. Физо выполнен С. Р. Филоновичем по публикации: *Sur les hypothèses relatives à l'éther lumineux, et sur une expérience qui paraît démontrer que le mouvement des corps change la vitesse avec laquelle la lumière se propage dans leur intérieur.* «Annales de Chimie et de Physique», 1859, t. 57, p. 385.

Литература

- Собрание сочинений И. Физо не издавалось.
- [1] Picard E. Les théories de l'optique et l'oeuvre d'Hippolyte Fizeau. Paris, 1924.
 - [2] Филонович С. Р. Самая большая скорость. М., 1983, гл. III.
-

Голин Г. М., Филонович С. Р.

Классики физической науки (с древнейших времен до начала XX в.): Справ. пособие. — М.: Высш. шк., 1989. — 576 с.: ил. ISBN 5-06-000058-3