

Опыт Майкельсона непреодолимой силы?

Владислав Миркин, ктн.

В работе показано, что почти «отрицательные» результаты опытов Майкельсона-Морли-Миллера и всех последующих экспериментов вызваны тем, что выбранные эталоны размера и времени изменялись практически синхронно с измеряемыми параметрами. То есть, все «старые» опыты и современные эксперименты в принципе не могли ответить на вопрос о существовании эфира. Кроме того, даже в самых первых экспериментах уже присутствовал результат, который следовало бы интерпретировать, как наличие эфира.

В конце 19-ого начале 20-ого веков были проведены эксперименты Майкельсона-Морли-Миллера, результаты которых «позволили» сообществу ученых заявить об отсутствии светового эфира. То есть, данные эксперименты явились краеугольным камнем на пути развития физики, повернув ее в том направлении, в котором она сейчас и развивается. По сути весь ученый мир стал заложником данного решения, поскольку даже трудно себе представить (хотя представить-то как раз легко, только не хочется все перечислять), что произойдет с наукой, если все-таки окажется, что опыты были ошибочны. Такая ситуация выглядит катастрофой, поскольку рухнет идеологическая основа физики (хотя, наверное, именно эфир мог бы быть идеологической основой, а сейчас основой является его отсутствие да и вообще отсутствие чего бы то ни было). Наверное, поэтому (понимая шаткость ситуации) до настоящего времени проводятся подобные эксперименты: один из них описан в работе «Ch.Eisele, A.Yu.Nevsky, S.Schiller. Проверка изотропности скорости света. УФН, #10, 2009», в которой дан точный перевод короткого сообщения, опубликованного ранее в Physical Review Letters. Подобные эксперименты поддерживают в нас иллюзию, что увеличение точности и сложности эксперимента гарантирует нам правильность выбранного решения.

В интернете (ну не в научных же журналах) существует множество работ, в которых авторы стараются выявить методологические ошибки опытов Майкельсона (обобщающее название), но содержание данных работ не в состоянии поколебать мнение ученых, что Майкельсон доказал отсутствие эфира. А потому, понимая жизненную важность результатов этих опытов, следует еще раз попытаться понять, что же делали физики 100-130 лет назад, и что они делают сейчас. И это тем более важно, что со временем любой результат опыта становится непререкаемым стереотипом и даже догмой, а потому необходимо искать такие доказательства, которые невозможно опровергнуть.

1. Можно ли с помощью экспериментов Майкельсона-Морли-Миллера установить наличие, или отсутствие эфира?

Следует начать с того, что до А.Эйнштейна, наверное, не было физиков, которые не признавали бы наличие эфира. Именно это наличие и старались доказать все те, кто этим занимался. И нам сейчас следует принять их логику, чтобы однозначно понять, что же они делали. **Их отправная точка была в том, что эфир существует.**

Конечно, было важно, что из себя представляет этот эфир. Век назад ученые считали, что такой эфир является неподвижной средой, в которой распространяются электромагнитные волны и движутся различные тела. Данное представление выглядит слишком формальным, чтобы принять его за реальную среду, поскольку реальная среда не может быть неподвижной. Даже в такой маленькой системе, как атмосфера Земли (да и в объеме количества молекул, равного числу Авогадро) имеются не только хаотично движущиеся молекулы кислорода и азота, но и их направленные потоки, которые древние называли «духом Божиим». А если еще при этом в эфирной среде движутся различные тела, которые в той, или иной мере увлекают эфир?

Данное замечание не столь важно в точки зрения дальнейших рассуждений, но оно важно для понимания того, что ученые того времени не представляли себе реальную среду и из-за этого сделали другие ошибки.

Впервые аналогию движения лодки в реке и движения в эфире использовал Дж.Максвелл. Если река имеет скорость v , то средняя скорость движения туда и обратно лодки с гребцами (назовем это продольным раундтрипом) на расстояние L между двумя точками не равна скорости движения туда и обратно поперек «течения» на такое же расстояние L (вместо скорости можно измерять время). Разница между средней скоростью продольного раундтрипа и поперечной скоростью характеризуется величиной $(v/c)^2$. И ее вполне можно было измерять даже в то время. Но для тех, кто проводил эксперимент в попытке показать наличие эфира, результат был обескураживающе мал. То есть, не ноль, но существенно меньше, чем должны были дать скорости Земли в эфире, и, тем более, скорости движения ее поверхности.

1.1. «Резиновый» эталон измерений.

Но дело в том, что аналогия движения в реке и эфире является физически неправильной. В реке мы можем в качестве эталона измерений выбрать расстояние между берегами, поскольку оно абсолютно неизменно. Но в эфире нет «берегов», и мы не можем считать электрическую длину плеча в направлении, перпендикулярном движению, неизменной.

Еще Д.Физджеральд и Х.Лоренц предположили, что в случае движения в эфире

объекты могут менять свои размеры в направлении движения объекта. Причем это изменение выглядело не формальным математическим приемом (как это в основном принято делать сейчас), а ему было дано вполне физическое объяснение: молекулы объекта, наталкиваясь на эфир, прижимаются друг к другу в направлении движения, и тело укорачивается. Но, мне кажется, такой подход, будучи вполне оправданным (здесь все так же, как в командной гонке преследования у велосипедистов, когда первый испытывает наибольшие нагрузки), не учитывает еще одного эффекта: тело одновременно должно укорачиваться и в поперечном направлении (из-за малости своих частиц эфир должен течь между молекулами вещества, а тогда на молекулы действуют силы прижимания, вызванные эффектом Бернулли).

Вот здесь возникает странная ситуация: Дж.Максвелл и все его последователи взяли в качестве аналога эфиру воду (могли взять и газ). Д.Фицджеральд и Х.Лоренц рассматривали эфир как вполне реальную среду, способную оказывать сопротивление движущимся в нем телам. Но все они проигнорировали еще одно свойство реальной среды (воды и газа): уменьшать статическое давление в потоке при увеличении скорости этого потока. И это явилось самой главной и очевидной ошибкой всех проводимых экспериментов, поскольку это означает, что эталон, в качестве которого мы используем поперечное движение, тоже меняется в размерах, причем в ту же сторону. И тогда в эксперименте мы не увидим (или почти не увидим) никаких изменений, даже если эфир в реальности существует.

Давайте проведем простейший эксперимент. Проведем его мысленно, поскольку он так прост и очевиден, что его способны понять школьники старших классов. (Если кому-то не понравится, что эксперимент мысленный, то скажу, что вовсе не все физики понимают, что же там делал Майкельсон, а уж сам эксперимент вообще никто из них не проводил, и лишь доверяет написанному.) Установим в текущей воде четыре лодочки точно в углах квадрата, вернее в углах квадрата будут концы мачт с приемниками-излучателями волн). Вода течет столь ламинарным потоком, что ее действие на лодки будет математически одинаковым для лодок одного ряда (одинаковым для двух передних и меньшим, но одинаковым для двух задних). Лодки установлены так, что их не уносит потоком, но они имеют возможность перемещаться в небольших пределах в сторону течения и поперек него. И это перемещение пропорционально силам, действующим на лодки. В данной ситуации уменьшится расстояние между передними и задними (назовем это колонной) лодками в силу динамического сопротивления потоку и между «шеренгой» лодок в силу действия сил Бернулли. Если поток ламинарный, то уменьшение продольного и поперечного размеров будет одинаковым (по крайней мере, сопоставимым).

Создадим схему (она ничем не отличается от схемы опытов Майкельсона), в которой будет происходить сложение волн, распространяющихся в продольном и поперечном направлениях. Можем условно считать, что между колонной (лодки в направлении течения) и шеренгой (лодки в поперечном направлении) уложилось

100 длин стоячих волн некоего излучения (в стоячей воде). При текущей воде длина колонны (и, соответственно, электрическая длина) изменится до 90 длин. Если считать, что поперечный размер не изменится (так считали авторы идеи эксперимента Майкельсона), то мы бы увидели смещение картины на 10 длин волн. Но в случае уменьшения поперечного размера на те же 10 длин волн, мы не увидим смещения полос интерференционной картины. И этот результат весьма близок к тому, что получилось в экспериментах в эфире. Если же поток будет неламинарным, то может получиться то, что в поперечном направлении будет не 90, а 89, или 91 длина волны, и мы увидим смещение на одну полосу, хотя ожидали 10. Это похоже на то, что вы измеряете размер «резиновой» материи «резиновой» же линейкой. Неужели мы сделаем вывод, что воды не существует?

Отметив приведенное выше обстоятельство, мы все-таки не должны забывать и о том выводе, который сделали физики, начиная с Максвелла: средняя скорость продольного раундтрипа не равна скорости поперечного движения. Все равно этот эффект должен был бы проявиться. Однако он не проявился. Но даже это обстоятельство не может служить основанием для заявления, что эфира нет.

Чтобы понять, как происходит движение любого тела (включая звезды и планеты) в эфире, представим, что сквозь воду движется сеточка для мытья посуды (планеты и звезды при этом движутся не только поступательно, но еще и вращаются). Вода при этом обтекает сеточку за ее пределами. И вблизи поверхности потоки воды вряд ли ламинарные. Кроме того, вода проходит сквозь сеточку, и уж здесь говорить о ламинарности вообще не приходится. Более того, здесь вообще возможны самые разные течения воды в разных частях сеточки, которые возникают из-за неодинаковой плотности сеточки по ее объему.

При движении планет и звезд эфир течет сквозь них из-за малости размеров частиц эфира по сравнению с расстояниями между атомами и их ядрами (кстати, это понимали все те, кто проводил эксперименты, поскольку все они негативно говорили о закрытых помещениях и подвалах, металлических корпусах приборов и собирались поднимать интерферометр на воздушном шаре). Очевидно, что при таком движении между частицами эфира и частицами вещества трение должно присутствовать. По крайней мере, мы не имеем никакого права это отрицать (напомню, что вслед за теми экспериментаторами мы считаем эфир реальной средой).

Во-первых, при трении между эфиром и веществом вблизи поверхности Земли скорость потока должна быть существенно меньше, чем скорость движения Земли в солнечной системе (никто же не измеряет скорость реки у берега, а делают это на стрежне). Во-вторых, нет никакой гарантии, что поток эфира на поверхности Земли (и даже не некоторой высоте) будет ламинарным. То есть, мы не можем утверждать, что увеличение динамического давления в этом потоке, приводящее к сокращению длины в направлении движения, в точности равно уменьшению статического давления, сокращающего длину плеча в поперечном направлении. Именно это неравенство изменения статического и динамического

давлений за счет неламинарности в законе Бернулли и компенсирует разницу скоростей в перпендикулярных направлениях плеч интерферометра.

Если же в реальности представить себе движения Земли в эфире, то очевидно, что плотность эфира перед движущейся планетой возрастает, позади уменьшается, уменьшается для точек поверхности, где скорость вращения суммируется со скоростью продольного движения, и увеличивается там, где эти скорости противоположны. Именно поэтому и наблюдалась некая слабая периодическая зависимости разницы электрических длин плеч интерферометра, но она лишь отражала названное выше обстоятельство и возможную степень турбулентности в разное время суток. А также то, что реальная среда (а не неподвижный эфир) не может стоять на месте, а увлекается движущимся в ней телом.

1.2. Современные измерения анизотропии.

Все это относится к экспериментам, проводимым в конце 19-ого начале 20-ого веков, с их громозкими установками. Но это так же относится и к современным экспериментам. Один из них описан в работе [2].

В [2] в двух перпендикулярно расположенных световодах (надо понимать, что один располагался в направлении экватора, другой — меридиана) возбуждались лазером стоячие волны, и проводился анализ биений суммарного сигнала. Другими словами, в экваториальном световоде могло бы ожидать изменение частоты колебаний (если бы скорость света зависела от скорости источника), а меридианальный световод, в котором при вращении Земли вокруг оси частота меняться не должна, служил эталоном времени (или давал опорную частоту). Частота сигнала в письме не указана, но поскольку использовался лазер, то грубо можно считать, что она порядка 10^{15} Гц. На уровне 10^{-17} изотропии обнаружено не было.

К сожалению, то, что написано мною об этом эксперименте, даже превышает информацию, приведенную в первичной литературе, а потому оценить ее можно только по косвенным признакам.

Ясно, что взаимодействие данного интерферометра с эфиром ничем не отличается от аналогичного взаимодействия с эфиром интерферометров Майкельсона и Миллера. То есть, и здесь длины плеч меняются синхронно со всеми вытекающими последствиями.

Более того, можно утверждать, что и во всех последующих экспериментах, использующих аналогичный принцип (даже если эти эксперименты будут проводиться в далеком космосе в почти бескорпусных приборах), мы можем не увидеть никаких изменений скорости, адекватных скорости движения прибора в пространстве. Но есть один малозаметный результат (он получен в экспериментах Д.Миллера), который еще в то время следовало интерпретировать, как наличие эфира.

2. Интерпретация «скольжения» линий у Д.Миллера.

Сказанное выше можно прокомментировать следующим образом: все эксперименты, по обнаружению анизотропии скорости света, связанные с наличием эфира, проводились на неверной идеологической основе, а потому вовсе не отвечают на вопрос, есть эфир, или его нет. Но существует один результат эксперимента Д.Миллера, который, почему-то не заслужил должного внимания, но именно он имеет, на мой взгляд, главное значение: постоянное перемещение интерференционных линий на экране, с которым все боролись, считая его некой ошибкой.

Когда мы рассматриваем возникновение стоячих волн и вообще интерференционной картины, то из математических соображений всегда говорим о когерентности волн (прямой и обратной в случае стоячих волн). Ясно, что требование когерентности абсолютно игнорируется природой, а потому она вполне удовлетворяется тем, что возникающие волны (например, на воде) часто бывают не только стоячими, но одновременно и бегущими. То есть, и узлы, и пучности вовсе не стоят на месте, а могут перемещаться. Если, например, при управлении катером вы не будете этого учитывать, то возникшая неожиданно прямо перед вами волна может перевернуть ваш катер. Кстати, для некогерентных процессов уже придумали термин «время когерентности», имея ввиду, что в течение некоторого времени интерференционная картина будет достаточно устойчивой, чтобы успеть ее зафиксировать неким прибором (тем же катером).

Одной из возможностей добиться того, чтобы интерференционная картина перемещалась, будет то обстоятельство, что фазовые скорости перемещения волн в прямом и обратном направлениях будут разными.

Попробуем записать ситуацию (кстати, здесь нет никакого эфира: уравнения верны для любой среды и даже воды)

$$Y_1 = Y_0 \sin(\omega_1 t + k_1 x)$$

$$Y_2 = Y_0 \sin(\omega_2 t - k_2 x), \quad k_1 \approx k_2, \quad \omega_1 \approx \omega_2.$$

Здесь $k = 2\pi/\lambda$ – волновые числа, ω — круговая частота, λ — длина волны.

Сложим эти прямую и обратную волны и проведем некоторые тригонометрические преобразования

$$Y = Y_0 (\sin \omega_1 t \cdot \cos k_1 x + \cos \omega_1 t \cdot \sin k_1 x + \sin \omega_2 t \cdot \cos k_2 x - \cos \omega_2 t \cdot \sin k_2 x).$$

Будем считать, что $\omega_1 = \omega_2 = \omega$ (хотя это не совсем точно), тогда выражение в скобках можно несколько упростить (обозначим его A)

$$A = 2 \sin \omega t [\cos(k_1 + k_2)x/2] \cdot [\cos(k_1 - k_2)x/2] + 2 \cos \omega t [\sin(k_1 - k_2)x/2] \cdot [\cos(k_1 + k_2)x/2].$$

Если волновые числа равны, то косинус разности становится равным единице, а

синус нулю, и уравнение в точности описывает стоячую волну, у которой узлы и пучности стоят на месте, но если волновые числа не равны, то положение узла (и пучности) уже будет зависеть от времени, поскольку в выражении для A есть второе слагаемое. Оно, конечно, мало по сравнению с первым за счет того, что волновые числа отличаются мало, косинус разности близок к единице, а синус близок к нулю, но, тем не менее, оно сдвигает узлы и пучности на некоторую величину. Время когерентности в данном процессе зависит от разности волновых чисел, и оно тем больше, чем меньше эта разность. Отсюда следует, что минимум и максимум будут ползть в направлении x .

Кроме того, сделав предположение, что $\omega_1 = \omega_2$, мы на самом деле допустили некоторую ошибку. Если взять определение волнового числа $k = 2\pi/\lambda$, то ясно, что разные волновые числа соответствуют разным длинам волн, то есть частот. В нашем случае разные волновые числа получились в результате движения волн в разных направлениях с разными скоростями. Две волны с разными частотами, движущиеся в противоположных направлениях, не могут создать длительно устойчивую интерференционную картину. Она будет «ползти».

В опытах Д.Миллера линии тоже скользили. Конечно, величина этого скольжения была невелика по сравнению с электрической длиной плеча интерферометра, но я ведь уже говорил, что величина скольжения точек пучности и узла будет весьма малой за счет того, что второй член в уравнении мал. Таким образом можно считать, что наличие этого самого «ошибочного» процесса является явным свидетельством тому, что скорости распространения сигнала в противоположных направлениях отличаются друг от друга. Чего, собственно, и хотели добиться авторы всех экспериментов. Но, к сожалению, упустили из виду этот результат.

3. Заключение.

Резюмируя сказанное, можно констатировать. Проведенные ранее и проводимые сейчас эксперименты (и, думаю, что и в будущем) ни в коей мере не доказали отсутствия абсолютной системы отсчета, то есть, эфира даже в том понимании, которое существовало в те далекие годы. Более того, скольжение линий у Д.Миллера следовало интерпретировать, как наличие эфира. Однако, я вовсе не хочу сказать, что СТО и ОТО, да и большинство современных теорий неверны: с достаточной для современной практики точностью они описывают большинство явлений, происходящих в настоящее время и в нашем участке пространства. Хотя успешно отвечая на вопрос «Как?», они не отвечают на вопрос «Почему?».

Литература.

1. Дж. Гринштейн, А.Зайонц. Квантовый вызов. Издательский дом Интеллект, 2008.
2. Ch.Eisele, A.Yu.Nevsky, S.Schiller. Проверка изотропности скорости света.

УФН, #10, 2009.