

МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР МАЙКЕЛЬСОНА

Н.Н. Чаварга

Ужгородский национальный университет, кафедра квантовой электроники,
88000, Ужгород, ул. Пидгирна, 46, Украина
e-mail: chavarga@mail.uzhgorod.ua

Показано, что опыты Физо по исследованию увлечения фотонов движущейся относительно прибора средой можно объяснить с позиции предположения, что аналогичное увлечение фотонов имеет место и при движении оптической среды относительно эфира. Предложено схему модернизации интерферометра Майкельсона, предположительно способного зарегистрировать факт движения прибора относительно светонесущей среды. Проведены соответствующие оценочные расчеты.

1. Введение

Известно, что опыты с интерферометром Майкельсона проводились с целью обнаружения движения Земли относительно светонесущей среды – эфира. Предполагалось, что во взаимно-перпендикулярных плечах прибора фотоны, как волновые образования эфира, будут по-разному испытывать на себе влияние движения интерферометра относительно среды. Однако эксперимент ожидаемого влияния не продемонстрировал. Для объяснения причины независимости интерференционной картины от ориентации прибора, были выдвинуты три предположения.

1) Все движущиеся тела сокращают свои размеры в направлении движения в соответствии с $l = l_0 \sqrt{1 - V^2 / C^2}$ (гипотеза Фитцджеральда–Лоренца), где l_0 – длина тела в состоянии покоя, l – длина тела при его движении со скоростью V относительно покоящейся системы, C – скорость света. Все величины измерены средствами покоящейся системы.

2) Тела не изменяют своих размеров, но скорость фотонов складывается со скоростью источника (баллистическая гипотеза Ритца).

3) Скорость фотонов не зависит от скорости системы, в которой производится

измерение скорости света. Это допущение противоречит здравому смыслу, но составляет одну из основ специальной теории относительности (СТО).

В последнее время в литературе довольно часто можно встретить предположение, что все элементарные частицы представляют собой солитонные образования светонесущей среды. На базе этого допущения можно предложить четвертый вариант объяснения результатов опытов Майкельсона, а также построить теорию относительности, не только хорошо согласующуюся со всеми соответствующими экспериментами, но и свободную от известных парадоксов СТО [1, 2]. Эта гипотеза ставит по-новому вопрос ее экспериментальной проверки, поскольку почти все выводы, какие только можно получить из теории относительности, уже сделаны и проверены экспериментально. В этой работе мы представим схему эксперимента, который предположительно позволит зафиксировать факт движения относительно светонесущей среды средствами изолированной лаборатории.

2. Опыты Физо

Как известно, в экспериментах Физо был весьма надежно зарегистрирован факт зависимости скорости фотонов относительно системы координат, связанной с прибором, от скорости

течения воды относительно прибора. В этих опытах луч источника света S делился светоделительной пластиной на две части, которые направлялись в противоположных направлениях по одному и тому же контуру, проходили сквозь две кюветы с движущейся водой, возвращались на делительную пластину и интерферировали. При этом вода в кюветах двигалась таким образом, что способствовала движению фотонов первого луча, и препятствовала движению фотонов второго луча, рис.1. Эта асимметрия в воздействии движущейся оптической среды на фотоны приводила к сдвигу наблюдаемых интерференционных полос.

Первоначально предполагалось, что движущаяся вода будет полностью увлекать фотоны. Разница Δt во временах распространения фотонов в противоположных направлениях в этом случае определяет величину сдвига интерференционных полос.

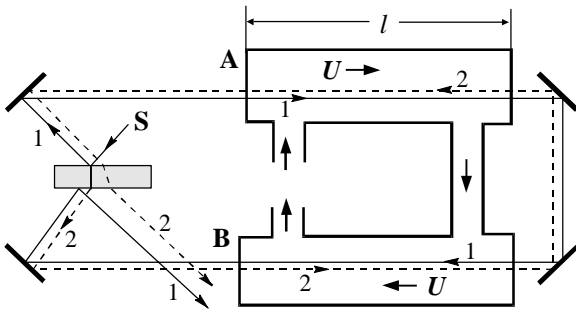


Рис.1. Схема опыта Физо [3]:

S – источник света; 1, 2 – интерферирующие пучки фотонов, из которых луч 1 распространяется по течению воды, а луч 2 – против течения.

Скорость C_1 фотонов в воде для луча 1 складывается со скоростью движения воды U . Поскольку скорость фотонов в оптически плотной среде обратно пропорциональна показателю преломления n , результирующая скорость при полном увлечении фотонов водой в луче 1 равна

$$C_1 = \frac{C}{n} + U \quad (2.1)$$

Для фотонов луча 2:

$$C_2 = \frac{C}{n} - U \quad (2.2)$$

Время движения фотонов за течением воды в обеих кюветах, каждая из которых имеет длину l :

$$t_1 = \frac{2l}{\frac{C}{n} + U} \quad (2.3)$$

Время движения фотонов против течения воды в обеих кюветах:

$$t_2 = \frac{2l}{\frac{C}{n} - U} \quad (2.4)$$

Разница Δt_0 во временах прохождения фотонами кюветы равна

$$\Delta t_0 = t_2 - t_1 = \frac{2l}{\frac{C}{n} - U} - \frac{2l}{\frac{C}{n} + U} \quad (2.5)$$

В опытах Физо скорость U воды была равна 7 м/с, длина l кюветы равна 1,5 м, показатель преломления $n=1.333$. При $C=3 \cdot 10^8$ м/с в соответствии с (2.5) имеем:

$$\Delta t_0 = 8,29215 \cdot 10^{-16} \text{ сек.} \quad (2.5^*)$$

Эта разница во временах движения фотонов сквозь кюветы должна была привести к сдвигу полос на половину длины волны фотонов, т.е. светлые полосы должны были занять место черных. Однако эксперимент показал, что явление протекает так, как если бы имело место только частичное увлечение фотонов водой – примерно в два раза меньше расчетного, с некоторым коэффициентом увлечения [3].

$$\chi = 1 - \frac{1}{n^2},$$

С учетом увлечения фотонов течением воды выражение (2.5) принимает вид:

$$\Delta t_1 = \frac{2l}{\frac{C}{n} - U \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)} - \frac{2l}{\frac{C}{n} + U \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)} \quad (2.6)$$

В численном виде, при указанных выше условиях опыта Физо:

$$\Delta t_1 = 3.62548 \cdot 10^{-16} \text{ сек} \quad (2.6^*)$$

Результат (2.6*) хорошо согласуется с экспериментом. При этом отношение $\Delta t_1/\Delta t_0$ по величине равно коэффициенту увлечения χ для воды, $\chi=0,437$.

3. Опыты Физо с точки зрения солитонной гипотезы

Если все тела, в том числе и прозрачные, состоят из солитонных образований светонесущей среды, а фотоны представляют собой специфические колебания этой среды, то должен наблюдаться эффект частичного увлечения фотонов движущимися относительно эфира телами, аналогично тому, как это имеет место в опытах Физо. Более того, сам опыт Физо следует пересмотреть с этой точки зрения.

Предположим, что коэффициент увлечения при этом такой же, как и при движении фотонов в движущихся средах, т.е., $\chi = 1 - 1/n^2$. В этом случае выражение (2.6) для разности времен нужно пересмотреть, поскольку нужно учитывать не только движение воды относительно прибора, но и движение прибора вместе с Землей относительно эфира. Пусть V – скорость движения Земли относительно эфира и пусть направление ее совпадает с направлением движения фотонов в луче 1, рис.1. В этом случае скорость фотонов в кювете **A** складывается не только со скоростью U движения воды относительно прибора, но и со скоростью V движения воды относительно неподвижного эфира, поэтому фотоны движутся относительно эфира со скоростью

$$C_1 = \frac{C}{n} + (V + U)\chi \quad (3.1)$$

За время t_1 движения фотона в кювете **A** длиной l ее конец сместится на величину Vt_1 , поэтому

$$C_1 t_1 = l + V t_1 \quad (3.2)$$

откуда:

$$t_1 = \frac{l}{\frac{C}{n} + (V + U)\chi - V} \quad (3.3)$$

В кювете **B** время движения фотонов этого же луча определяем из баланса

$$l - V t_2 = C_2 t_2 \quad (3.4)$$

где

$$C_2 = \frac{C}{n} - (V - U)\chi \quad (3.5)$$

Отсюда имеем время движения t_2 луча 1 в кювете **B**:

$$t_2 = \frac{l}{\frac{C}{n} - (V - U)\chi + V} \quad (3.6)$$

Аналогичным образом луч 2 в кювете **B** увлекается кюветой в направлении движения Земли и немного возвращается обратно течением воды:

$$C_3 = \frac{C}{n} + (V - U)\chi \quad (3.7)$$

Фотон луча 2 догонит конец кюветы **B** за время t_3 , поэтому

$$C t_3 = l + V t_3 \quad (3.8)$$

Отсюда

$$t_3 = \frac{l}{\frac{C}{n} + (V - U)\chi - V} \quad (3.9)$$

Кювету **A** фотоны луча 2 преодолеют за время

$$t_4 = \frac{C}{\frac{C}{n} - (V + U)\chi + V} \quad (3.10)$$

Разница Δt во временах движения лучей 1 и 2 в кюветах с учетом движения Земли равна:

$$\Delta t_3 = (t_3 + t_4) - (t_1 + t_2) \quad (3.11)$$

или:

$$\Delta t_3 = \frac{l}{\frac{C}{n} + (V - U)\chi - V} + \frac{l}{\frac{C}{n} - (V + U)\chi + V} - \frac{l}{\frac{C}{n} + (V + U)\chi - V} - \frac{l}{\frac{C}{n} - (V - U)\chi + V} \quad (3.12)$$

Легко видеть, что при $V \rightarrow 0$ выражение (3.12) переходит в выражение (2.6), как это и должно быть. Для скорости $V = 37 \cdot 10^4$ м/с (определяемой по эффекту Доплера для реликтового излучения), при условиях эксперимента Физо, расчеты по (3.12) дают результат:

$$\Delta t_3 = 3.62549 \cdot 10^{-16} \text{ c} \quad (3.12^*)$$

что с точностью до 6-го знака совпадает с результатами расчетов Физо по (2.6*), выполненными с учетом частичного увлечения фотонов движущейся водой, но без учета движения самого прибора.

Физически этот результат означает, что движение Земли с огромной скоростью относительно светонесущей среды практически не влияет на результаты опытов Физо (например, если изменить ориентацию прибора Физо во время проведения опытов), поскольку влияние скорости V на движение фотонов в одной кювете почти полностью компенсируется таким же влиянием в другой кювете. В итоге остается только влияние движущейся воды на интерференционную картину.

4. Модернизированный интерферометр Майкельсона

Полученный выше результат дает нам некоторое основание надеяться, что частичное увлечение фотонов движущимися прозрачными телами все же имеется в природе, и при надлежащей организации опыта может быть обнаружено экспериментально. Первым кандидатом на такой прибор может служить модернизированный интерферометр Майкельсона, в котором луч света при прямом движении от делительной пластины к зеркалу распространяется сквозь оптически плотное вещество, а возвращается к пластине по воздуху, рис 2.

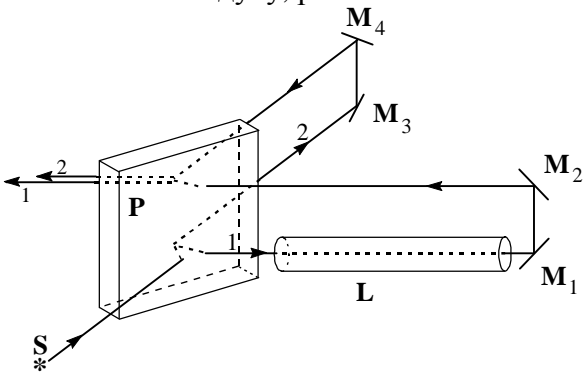


Рис.2. Модернизированный интерферометр Майкельсона.

Излучение источника S расщепляется пластиной P на два луча. Луч 1 в прямом направлении проходит сквозь стержень L , отражается от зеркал M_1 и M_2 , и по воздуху возвращается к пластине P . Луч 2 проходит путь к зеркалам M_3 и M_4 по воздуху, после чего интерферирует с лучом 1.

Если такой прибор повернуть на 180° , условия для прохождения луча в перпендикулярном направлении не

изменятся, но теперь движение Земли будет не способствовать распространению фотонов в стержне, а препятствовать. В итоге должна появиться асимметрия в степени воздействия движущегося стержня на движение фотонов относительно эфира, что и должно проявиться в изменении интерференционной картины. Схема этого эксперимента уже выдвигалась ранее автором, а также Д. Самойловым [4] и, вероятно, другими авторами, но до серьезного анализа и количественных оценок дело не доходило. Необходимые оценочные расчеты можно провести по приведенной выше методике.

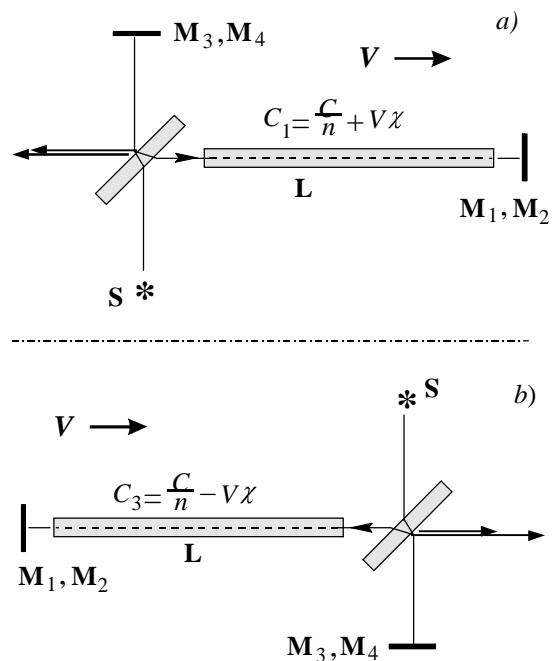


Рис.3. Модернизированный интерферометр Майкельсона, вид сверху.

а) При ориентации прибора в направлении движения Земли фотоны частично увлекаются стержнем L , что приводит к увеличению скорости фотонов и уменьшению их времени движения к зеркалам M_1, M_2 . Время движения фотонов по воздуху от зеркала M_2 к пластине P уменьшается за счет встречного движения фотонов и пластины.

в) При развороте прибора на 180° движение стержня L препятствует движению фотонов.

1) Пусть плечо интерферометра со стержнем из оптического материала ориентировано в направлении движения Земли, скорость движения которой относительно эфира равна V , рис.3, а). В оптически прозрачном стержне длиной L и показателем преломления n фотон движется со скоростью C_1 .

$$C_1 = \frac{C}{n} + V\chi \quad (4.1)$$

где, как и прежде, $\chi = 1 - 1/n^2$

За время t_1 фотон пройдет расстояние $C_1 t_1$ и догонит убегающий конец стержня, который за это время переместится на величину $V t_1$.

$$C_1 t_1 = L + V t_1 \quad (4.2)$$

Отсюда

$$t_1 = \frac{L}{\frac{C}{n} + V\chi - V} \quad (4.3)$$

2) В обратную сторону фотон пройдет по воздуху расстояние $C_2 t_2$ со скоростью $C_2 = C$ (баллистическая гипотеза не выполняется, разницей между L и расстоянием от пластины **P** до зеркала пренебрежем).

$$L - V t_2 = C t_2 \quad (4.4)$$

Отсюда

$$t_2 = \frac{L}{C + V} \quad (4.5)$$

3) После разворота стержня на 180° движение стержня относительно эфира будет препятствовать движению фотонов:

$$C_3 = \frac{C}{n} - V\chi \quad (4.6)$$

$$C_3 t_3 = L - V t_3 \quad (4.7)$$

Отсюда

$$t_3 = \frac{L}{\frac{C}{n} - V\chi + V} \quad (4.8)$$

4) Движение фотона в обратную сторону осуществляется по воздуху со скоростью $C_4 = C$, поэтому:

$$C t_4 = L + V t_4 \quad (4.9)$$

Отсюда

$$t_4 = \frac{L}{C - V} \quad (4.10)$$

Разница во временах движения равна:

$$\Delta t = (t_3 + t_4) - (t_1 + t_2) \quad (4.11)$$

Или:

$$\Delta t = \frac{L}{\frac{C}{n} - V\chi + V} + \frac{L}{C - V} - \frac{L}{\frac{C}{n} + V\chi - V} - \frac{L}{C + V} \quad (4.12)$$

Нетрудно увидеть, что при $n \rightarrow 1$, имеем $\chi \rightarrow 0$, отсюда и $\Delta t \rightarrow 0$, а также при отличном от нуля χ , но при $V \rightarrow 0$, имеем снова $\Delta t \rightarrow 0$.

Максимальная скорость, на которую мы можем рассчитывать – это скорость движения Земли относительно реликтового излучения в направлении созвездия Льва, $V = 37 \cdot 10^4$ м/с. Состоянием на сегодняшний день реальный коэффициент преломления материала стержня может быть равным $n = 1.9$ (современные стекла для очков), или $n = 2.2$ (фианит), или еще больше, $n = 3.0$ [5,6]. При указанных условиях, при $n = 1.9$ как реально доступного материала, для некоторых значений L , выражение (4.12) дает результат, см. таблицу 1:

Таблица 1. Расчетные разности времен Δt прохождения фотонами плеча модернизированного интерферометра Майкельсона.

L м	Δt $\times 10^{-18}$ с	$C \Delta t$ Å	$C \Delta t / \lambda$ %
1	9.04	27.1	0.54
2	18.08	54.3	1.09
5	45.22	135.6	2.71
10	90.42	271.3	5.43
20	180.85	542.5	10.85
40	361.70	1085.1	21.70
50	452.12	1356.4	27.13
100	904.24	2712.7	54.25

($n = 1.9, \lambda = 5000$ Å)

В последнем столбце представлено отношение разницы в путях фотонов к длине волны луча, предполагая для определенности, что $\lambda = 5000$ Å. Как видно из таблицы, начиная с $L = 40$ м модернизированный интерферометр обеспечит сдвиг полосы на величину 1085 ангстрем, что составит 21.7 % от длины волны. При более высоких значениях коэффициента преломления сдвиг будет еще большим. Это означает, что наличие светоносной среды, если она существует, может быть обнаружено достаточно уверенно. При использовании материала с показателем $n = 3$ сдвиг полос увеличится, по сравнению с приведенным в таблице,

примерно на 20 %. Примечательно, что результаты эксперимента не должны зависеть от наличия сокращения Фитцджеральда-Лоренца, поскольку прибор разворачивается не на 90° , а на 180° .

Модернизированному интерферометру нужно обеспечить возможность вращения по трем осям координат, лучше в телескопической установке. Наибольшее изменение интерференционной картины должно наблюдаться при вращении прибора в плоскости, проходящей через ось «Земля – созвездие Льва». При вращении в плоскости, перпендикулярной к указанной оси, интерференционная картина должна мало изменяться.

В реальности обеспечить $L=100$ м проблематично. Если предположить, что технически удастся обеспечить длину оптически плотного и прозрачного тела (стержня) примерно до 2-3 метров, а системой зеркал заставить луч пройти сквозь стержни хотя бы 10-15 раз, то в итоге можно получить $L=20-45$ м. В соответствии с таблицей расчетов это означает, что ожидаемый сдвиг полос может быть на уровне до 25%. Естественно, что подобные эксперименты требуют высокого уровня квалификации экспериментаторов, и довольно серьезного финансирования, но в случае удачи успех был бы более чем просто серьезным.

С другой стороны, в литературе утверждается, что сдвиг интерференционных полос может быть зарегистрирован с точностью порядка 0,2 процента [7]. Если это так, то даже для $L=10$ (что вполне реально), где эффект ожидается на уровне 5 процентов, факт движения относительно светоносной среды может быть уверенно зарегистрирован. Более того, имеется информация, что абсолютное движение Земли было зафиксировано смещением интерференционных полос в опытах Миллера на уровне 8%, а также в опытах с электромагнитными сигналами в коаксиальном кабеле [7].

Чувствительность предложенного интерферометра, рис.2., можно увеличить примерно в два раза, если в плече зеркал

M_3-M_6 также разместит оптически плотное тело таким образом, как это изображено на рисунке 4. В соответствии с (4.12) время движения фотонов в этом плече при указанной ориентации больше, чем после разворота прибора на 180° , ибо теперь фотоны начинают движение от зеркала M_3 по воздуху, а возвращаются сквозь оптически плотное тело. В итоге эффект, влияющий на сдвиг интерференционных полос в разных плечах прибора, должен суммироваться. Такая схема не только увеличивает чувствительность прибора, но и уравнивает интерферирующие лучи по интенсивности. Очевидно, что в реальности вместо одного стержня в плече прибора нужно подразумевать их серию, причем в два слоя.

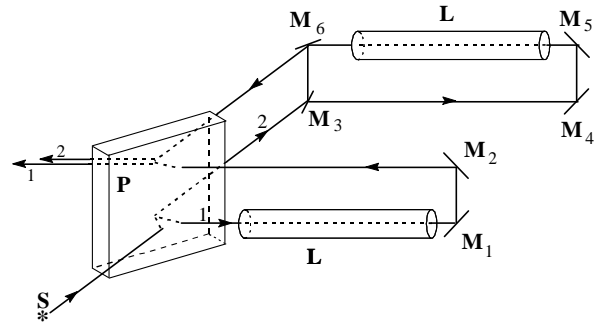


Рис.4. Схема интерферометра с оптически плотными телами в обоих плечах прибора.

Отметим, что предлагаемый интерферометр можно усложнить, если вместо твердых стержней использовать трубки с движущейся со скоростью U жидкостью. В этом случае формула (4.12) примет вид:

$$\Delta t = \frac{L}{\frac{C}{n} - (V - U)\chi + V} + \frac{L}{C - V} - \frac{L}{\frac{C}{n} + (V + U)\chi - V} - \frac{L}{C + V} \quad (4.13)$$

В условиях эксперимента Физо скорость движения воды равна примерно 10 м/с. Если в плече зеркал M_1-M_2 смонтировать два ряда трубок с водой по 2 м длиной и по 10 трубок в ряду, в сумме получим $L=40$ м. Формула (4.13) для этих условий дает результат $2,32 \cdot 10^{-16}$ сек. При наличии в плече зеркал M_3-M_6 оптической

среды, рис.4, эффект почти удвоится. В итоге, в соответствии с таблицей 1, сдвиг полос ожидается на уровне 25%, что весьма существенно.

Нетрудно убедиться в том, что использование движущейся жидкости с **указанной скоростью** фактически не сильно влияет на результаты эксперимента, т.е. без особого ущерба для

чувствительности вместо твердых стержней можно использовать и неподвижную относительно прибора жидкость. Применение жидкости (особенно с большим коэффициентом преломления) на самом деле существенно удешевит эксперимент, и проведение его станет доступным лаборатории среднего уровня технического обеспечения.

Литература

1. Чаварга Н.Н. Относительное движение солитонов в светонесном эфире // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Фізика, 2000. – вып.7. – С. 174–194.
2. <http://specialrelativity.narod.ru>
3. Ландсберг Г.С. Оптика. – М.: Наука, 1976. – 928 с.
4. <http://forum.membrana.ru/forum/scitech.html?parent=1052413733>
5. Шелих А.И., Гурин В.Н., Никаноров С.П. Показатель преломления борокарбида алюминия $Al_3C_2B_{48}$ // Письма в ЖТФ, 2008, том 34, – вып.13. – С. 21–24.
6. Займидорога О.А., Самойлов В.Н., Проценко И.Е. Проблема получения высокого показателя преломления и оптические свойства гетерогенных сред // Физика элементарных частиц и атомного ядра. – 2002. – т.33. – вып.1. – С. 101–157.
7. Reginald T. Cahill. A New Light-Speed Anisotropy Experiment: Absolute Motion and Gravitational Wave Detected // Progress in Physics 4, 73-92, 2006.

MODERNIZED MICHELSON'S INTERFEROMETER

N. Chavarga

Uzhhorod National University, Department of Quantum Physics
Pidhirna Str. 46, Uzhhorod 88000, Ukraine
e-mail: chavarga@mail.uzhgorod.ua

It is shown that Fizeau's experiments on the investigation of photons dragging by the environment moving with respect to the device can be explained through the assumption that analogous dragging of photons also takes place, when optical environment is moving with respect to the ether. Scheme of modernization of Michelson's interferometer, supposedly capable of registering the fact of a device motion with respect to the light-carrying environment, is proposed. The appropriate estimating calculations are made.