

## Главная ошибка Майкельсона

[vvpetrov@mksat.net](mailto:vvpetrov@mksat.net)

Валерий ПЕТРОВ

В статье рассматривается ход лучей в эксперименте Майкельсона-Морли, а также в эксперименте Шамира и Фокса с применением лазера в качестве источника света.

Показываются ошибки, допущенные Майкельсоном при описании хода лучей в его эксперименте.

Обосновывается вывод о том, что нулевой результат эксперимента Майкельсона-Морли, как и эксперимента Шамира и Фокса обусловлен отсутствием движения интерферометра относительно среды, в которой распространяются лучи света в этих экспериментах.

Так называемое объяснение и доказательство вводимого в теоремы конкретного материала оказывается отчасти тавтологией, отчасти искажением истинного положения вещей; отчасти же это искажение служило тому, чтобы прикрыть обман познания, которое подбирало опыты, благодаря чему оно только и могло получать свои простые дефиниции и основоположения, а возражение, почерпнутое из опыта, оно устраняет тем, что понимает и толкует опыт не в его конкретной реальности, а как пример, и притом с благоприятной для гипотез и теорий стороны. В этом подчинении конкретного опыта предпосланным определениям основа теории затемняется и показывается лишь со стороны, подтверждающей теорию.

*Г.В.Фр.Гегель. Наука логики*

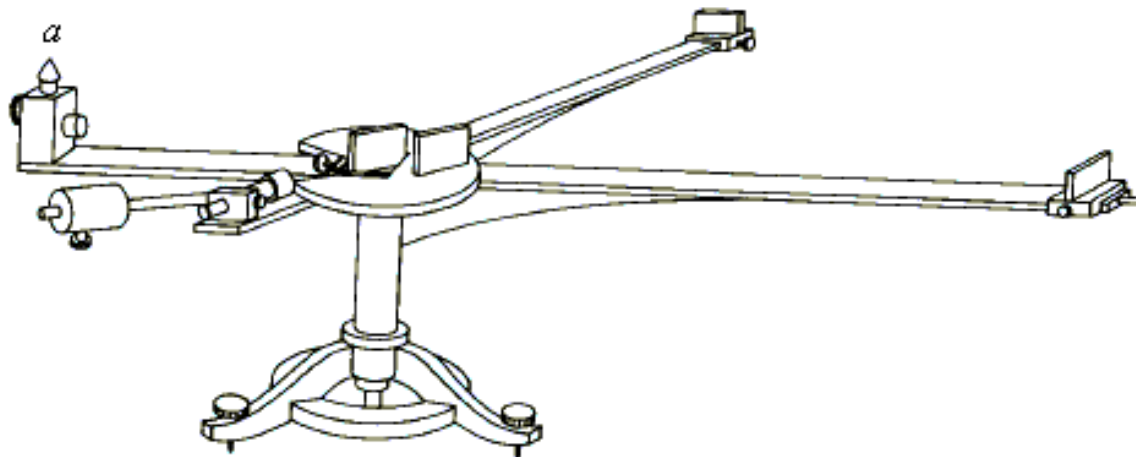
## Введение

В своей работе “К электродинамике движущихся сред” А.Эйнштейн указал, что распространению принципа относительности на оптику и электродинамику содействовали и “неудавшиеся попытки обнаружить движение Земли относительно “светоносной среды””. Эйнштейн никогда не указывал, какие именно опыты он имел в виду. Появление специальной теории относительности (СТО) многими физиками было расценено как попытка объяснения отрицательного результата именно опыта Майкельсона-Морли, в котором, как полагают, вопрос о движении Земли относительно эфира был поставлен в наиболее прямой форме. Эта версия укоренилась в литературе, в частности, в учебной: очень удобно методически выводить СТО из опыта Майкельсона-Морли.

Как известно, цель опыта Майкельсона-Морли заключалась в определении скорости «эфирного ветра», обусловленного движением Земли относительно эфира - гипотетической среды, заполняющей, как считал Майкельсон, все мировое пространство и свободно проходящей сквозь любые вещества и среды: твердые тела, жидкости, и уж конечно, газы. Посмотрим же, насколько это мнение Майкельсона соответствует действительности.

## Исследование и анализ хода лучей в опыте Майкельсона-Морли

Общий вид интерферометра, как он изображен в докладе самого Майкельсона о результатах его эксперимента, выполненного в 1881 г. представлен на рис.1.



Как описывает Майкельсон, источником света в его опыте был небольшой фонарь, установленный в *a*, снабженный линзой таким образом, чтобы пламя фонаря оказалось в фокусе линзы. Этот фонарь хорошо виден на рисунке. Благодаря этой линзе лучи света, излучаемые фонарем, становятся практически параллельными.

В экспериментах, выполненных в 1881 г., интерферометр был установлен на металлической крестовине, в опытах 1887 г. – на массивной бетонной плите, плававшей в бассейне с ртутью.

Суть опыта заключается в следующем. Монохроматический луч света, пройдя через узкую щель непрозрачного экрана, попадает на полупрозрачное зеркало *B*, наклоненное под углом 45 градусов, где разделяется на два луча, один из которых движется перпендикулярно направлению предполагаемого движения прибора относительно эфира, другой – параллельно этому движению. На одинаковом расстоянии *L* от зеркала *B* установлены два плоских зеркала – *C* и *D*. Лучи света, отражаясь от этих зеркал, снова падают на зеркало *B*, частично отражаются, частично проникают сквозь него и попадают на экран (или в зрительную трубу) *E*, как это изображено на рис.2.

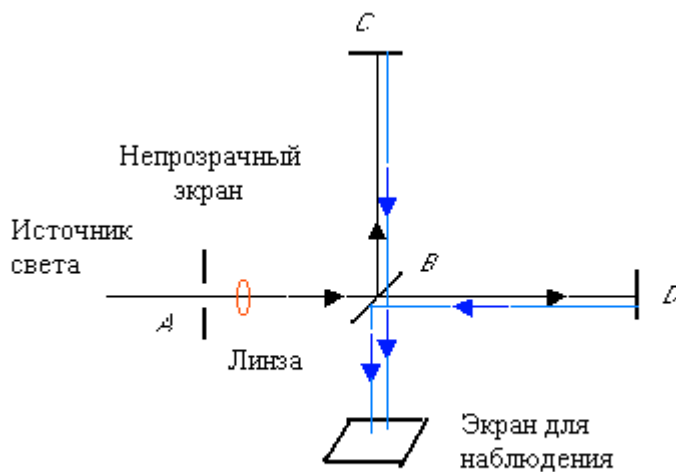


Рис.2.

При отсутствии движения интерферометра относительно эфира время движения каждого из лучей будет одинаковым и равным  $2L/c$ , при этом перпендикулярный луч попадает в точку  $C$  на одноименном зеркале, как это изображено на рис.3.

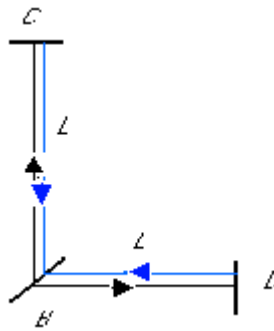


Рис. 3.

Известно, что при постановке рассматриваемого опыта Майкельсон исходил из предположения о неподвижном эфире, не увлекаемом движением Земли. Тогда движение лучей в интерферометре можно рассматривать в двух различных системах координат, одна из которых связана с неподвижным эфиром (назовем ее неподвижной), другая - с движущимся интерферометром (назовем ее движущейся). Очевидно, что и в том, и в другом случае должен быть получен один и тот же результат.

Рассмотрим ход лучей в интерферометре в неподвижной системе координат, относительно которой интерферометр движется со скоростью  $v$ , т.е. в системе координат, связанной с неподвижным эфиром. В этой системе координат скорость света есть величина постоянная и равная  $c$ .

Предположим, что интерферометр движется со скоростью  $v$  в направлении, обозначенном стрелкой на рис.4.

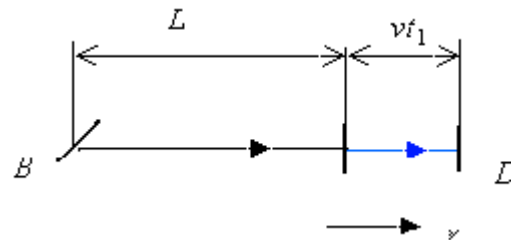


Рис. 4.

За время, в течение которого луч света пройдет путь  $L$ , зеркало  $D$  сместится на величину  $vt$ . Тогда путь, который проходит луч света до встречи с зеркалом  $B$ , оказывается равным  $ct_1 = L + vt_1$ , откуда следует

$$t_1 = L/(c - v)$$

При обратном движении от зеркала  $D$  луч света движется навстречу зеркалу  $B$ , как это изображено на рис.5.

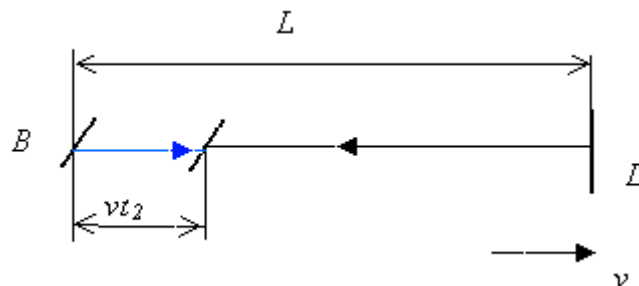


Рис.5.

Теперь до встречи с зеркалом  $B$  луч света проходит путь, равный

$$ct_2 = L - vt_2$$

откуда следует

$$t_2 = L/(c + v)$$

Таким образом, время, в течение которого луч света проходит путь от зеркала  $B$  к зеркалу  $D$  и обратно, в неподвижной системе координат оказывается равным:

$$T_{\parallel} = t_1 + t_2 = L/(c - v) + L/(c + v) = 2Lc/(c^2 - v^2)$$

Разделив числитель и знаменатель на  $c^2$ , получим:

$$T_{\parallel} = (2L/c) / (1 - v^2/c^2)$$

В движущейся системе координат, т.е. в системе координат, связанной с движущимся интерферометром, эфир движется в направлении, обратном действительному движению интерферометра, подобно тому, как в системе координат, связанной с движущимся автомобилем, воздух движется в направлении, обратном действительному движению автомобиля. Поэтому скорость света в соответствии с дорелятивистскими представлениями оказывается равной  $c - v$  при движении луча света от источника к отражателю и  $c + v$  при движении луча света в обратном направлении. Следовательно,

$$t_1 = L/(c - v)$$

$$t_2 = L/(c + v)$$

$$T_{\parallel} = t_1 + t_2 = (2L/c) / (1 - v^2/c^2)$$

Таким образом, и в одной, и в другой системе координат получим один и тот же результат.

Рассмотрим теперь движение луча света от зеркала  $B$  до зеркала  $C$  также в двух различных системах координат.

В системе координат, движущейся вместе с интерферометром, т.е. в системе координат, в которой интерферометр неподвижен, эфир движется в направлении, *обратном* действительному движению интерферометра. Поэтому луч света отклоняется в том же направлении, в каком в этой системе координат движется «эфирный ветер» подобно тому, как флаг на мачте движущегося судна отклоняется в направлении, *обратном* движению судна. Поэтому луч света проходит через точку  $C'$ , отстоящую от точки  $C$  на расстоянии  $vt$  (рис.6). Тогда скорость луча света, движущегося в направлении  $BC'$ , измеряемая в системе координат, связанной с движущимся интерферометром, оказывается равной  $c^2 + v^2$ .

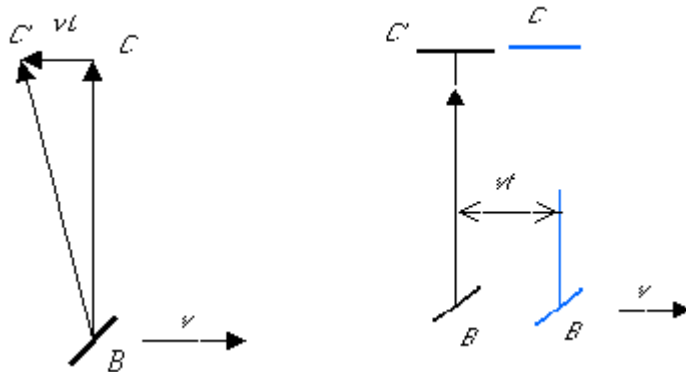


Рис.6-7.

За время  $t$  этот луч света проходит путь, равный  $L^2 + (vt)^2$ . Так как  $t(c^2 + v^2) = L^2 + (vt)^2$ , получим  $t = L/c$ , откуда следует

$$T_{\perp} = 2t = 2L/c$$

Рассмотрим теперь ход лучей в приборе в неподвижной системе координат, т.е. в системе координат, связанной с неподвижным эфиром.

Пусть одиночный импульс света излучается в момент, когда полупрозрачное зеркало находится в некоторой точке  $B$  пространства. За время  $t$ , в течение которого луч света пройдет путь  $L$ , зеркало  $C$  сместится на некоторое расстояние  $vt$  в направлении движения прибора, вследствие чего луч света попадет в точку  $C'$ , отстоящую от точки  $C$  на расстоянии  $vt$  в направлении, *обратном* движению прибора (рис.8). Тогда путь  $L$  от точки  $B$ , в которой находилось зеркало  $B$  в момент излучения (отражения) им импульса света, до точки  $C'$  будет равен

$$T_{\perp} = 2t = 2L/c$$

Таким образом, и в одной, и в другой системах координат получаем один и тот же результат: если движение интерферометра относительно эфира действительно имеет место, перпендикулярный луч света отклоняется в направлении, обратном действительному движению интерферометра, на величину  $CC' = vL/c$ . Принимая  $v = 30 \text{ км/с}$  и  $L = 11 \text{ м} = 11000 \text{ мм}$ , как это было в эксперименте 1887 года, получим:

$$30 \cdot 11000 / 30000 = 1,1 \text{ миллиметра.}$$

В действительности, однако, никакого отклонения перпендикулярного луча не наблюдалось: перпендикулярный луч света попадает в ту же точку на отражателе, в которую он должен был бы попасть и при отсутствии движения относительно эфира.

В движущейся системе координат факт попадания перпендикулярного луча в точку  $C$  означает, очевидно, отсутствие движения эфира относительно интерферометра. В этом случае  $T_{\perp}$  оказывается равным  $2L/c$ . Так как в этом эксперименте  $T_{\parallel}$  оказывается равным  $T_{\perp}$ , то и  $T_{\parallel}$  также оказывается равным  $2L/c$ . Таким образом, для объяснения нулевого результата эксперимента Майкельсона-Морли гипотеза Лоренца о сокращении длины параллельного плеча интерферометра оказывается совершенно излишней!

Все дело в том, однако, что Майкельсон рассматривал ход лучей в интерферометре с точки зрения наблюдателя, неподвижного относительно эфира, что само по себе удивительно, поскольку и интерферометр Майкельсона, и сам Майкельсон находятся в системе координат, движущейся относительно эфира. Как же выглядит, по мнению Майкельсона, ход лучей с точки зрения неподвижного наблюдателя? Так, как это объясняет, например, лауреат Нобелевской премии по физике Р.Фейнман в [2].

“...за время  $t_3$  зеркало  $C$  сдвинется направо на расстояние  $ut_3$  (до положения  $C'$ ), а свет пройдет по гипотенузе  $BC'$  расстояние  $ct_3$  (рис.8).

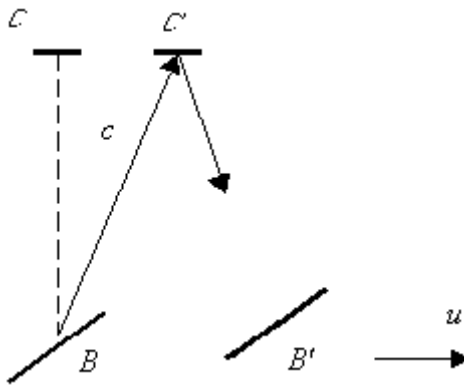


Рис.8.

Из прямоугольного треугольника следует  
 $(ct_3)^2 = L^2 + (ut_3)^2$ ,

или

$$L^2 = (ct_3)^2 - (ut_3)^2 = (c^2 - u^2)(t_3)^2,$$

откуда

$$t_3 = L/(c^2 - u^2)^{1/2}.$$

При обратной прогулке от точки  $C'$  свету приходится пройти то же расстояние; это видно из симметрии рисунка. Значит, и время возвращения то же ( $t_3$ ), а общее время равно  $2t_3$ . Мы запишем его в виде

$$2t_3 = 2L/(c^2 - u^2)^{1/2} = 2L/c/(1 - u^2/c^2)^{1/2}.$$

Применяя ранее принятые обозначения, запишем этот результат в виде

$$T_{\perp} = (2L/c) / \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

Возникает, однако, вопрос, почему именно луч света отклоняется вслед за смещением зеркала  $C$ , если предполагается, что интерферометр движется относительно неподвижного наблюдателя? Единственно правильным является ответ, что отклонение перпендикулярного луча, наблюдаемое из неподвижной системы координат, обусловлено тем, что скорость света, движущегося в среде, окружающей интерферометр, складывается со скоростью движения самой среды относительно неподвижного наблюдателя. В этом случае, как было показано выше,  $T_{\perp} = 2t = 2L/c$ .

Сам Майкельсон объясняет движение перпендикулярного луча так. Луч  $sa$  отражается по  $ab$  (рис. 9), причем угол  $bab_1$  равен углу абберрации  $\alpha$ , возвращается по  $ba_1$  ( $aba_1 = 2\alpha$ )  $\theta$  попадает в фокус зрительной трубы, направление которой не меняется» [1].

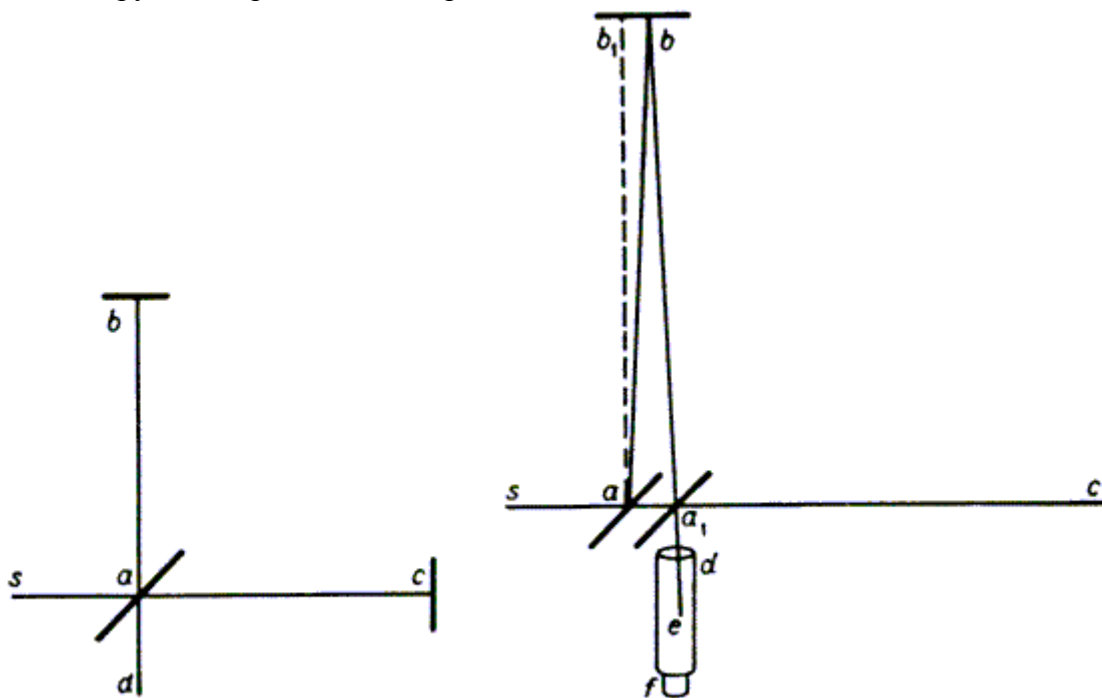


Рис.9.

Известно, однако, что абберрация возникает в случае движения приемника света относительно источника. Однако в эксперименте Майкельсона-Морли приемник света *неподвижен* относительно источника в течение всего эксперимента. Таким образом, отклонение перпендикулярного луча *вслед* за смещением интерферометра не может быть объяснено абберрацией. Так почему же, в таком случае, перпендикулярный луч отклоняется *вслед* за смещением интерферометра, движущегося, напомним, относительно *неподвижного* наблюдателя?

Итак, предположим для начала, что строго вдоль меридиана Земли со скоростью, скажем,  $u$ , движется современный сверхзвуковой самолет. Как выглядит траектория движения этого самолета с точки зрения наблюдателя, неподвижного относительно Солнца? Как и в движущейся системе координат, самолет летит строго вдоль меридиана, но сам меридиан движется перпендикулярно движению самолета с орбитальной скоростью Земли  $v$ . В этом случае, согласно законам механики Галилея-Ньютона траектория движения самолета представляет собой гипотенузу прямоугольного треугольника со сторонами  $u$  и  $v$ , как это изображено на рис.10:

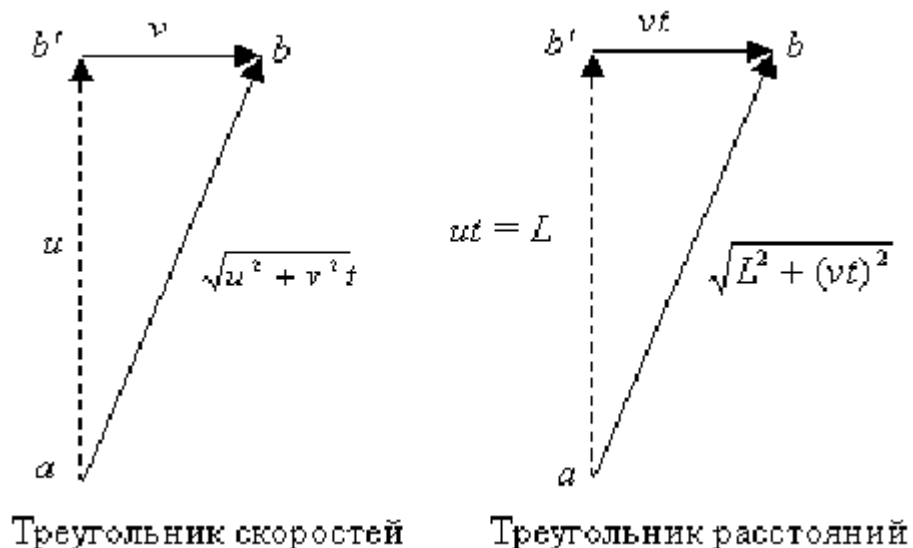


Рис.10.

За время  $t$ , в течение которого в движущейся системе координат самолет пролетит расстояние  $L$  между двумя точками  $a$  и  $b$ , лежащими на меридиане, в неподвижной системе за это же время самолет пролетит путь  $ab$ , равный  $\sqrt{u^2 + v^2}t$ . Как следует из треугольника расстояний, в неподвижной системе координат длина пути  $ab$  равна  $\sqrt{L^2 + (vt)^2}$ , откуда следует:

$$\sqrt{L^2 + (vt)^2} = \sqrt{u^2 + v^2}t$$

$$L^2 + v^2t^2 = u^2t^2 + v^2t^2$$

$$L = ut$$

$$t = L / u$$

Таким образом, время, в течение которого самолет пролетит путь  $L$  между точками  $a$  и  $b$ , лежащими на меридиане, оказывается одинаковым и равным  $t = L / u$  как в движущейся, так и в неподвижной системах координат.

Предположим, далее, что строго вдоль меридиана проложен линейный ускоритель элементарных частиц, в котором частицы движутся с некоторой скоростью  $u$ . Как и в предыдущем случае частицы движутся строго вдоль ускорителя, однако в неподвижной системе координат сам ускоритель смещается с орбитальной скоростью перпендикулярно направлению движению частиц. И в этом случае, как было показано выше, траектория движения частиц представляет собой гипотенузу прямоугольного треугольника со сторонами  $u$  и  $v$ , как это изображено на рис.10

За время  $t$ , в течение которого в движущейся системе координат движущаяся в ускорителе частица пролетит расстояние  $L$ , в неподвижной системе за это же время та же частица пролетит путь  $ab$ , равный  $\sqrt{u^2 + v^2}t$ . Как следует из треугольника расстояний, в неподвижной системе координат длина пути  $ab$  равна  $\sqrt{L^2 + (vt)^2}$ , откуда следует:

$$t = L / u$$

Таким образом, время, в течение которого частица пролетит путь  $L$  в ускорителе, оказывается одинаковым и равным  $t = L / u$  как в движущейся, так и в неподвижной системах координат.

Предположим теперь, что строго вдоль меридиана проложен стеклянный стержень длиной  $L$ , внутри которого со скоростью  $u$  движутся световые импульсы, как это было в эксперименте Шамира и Фокса [3]. Как и в движущейся системе координат в неподвижной системе световые импульсы движутся строго вдоль стеклянного стержня, однако сам стеклянный стержень смещается с орбитальной скоростью перпендикулярно направлению движению световых импульсов. И в этом случае, как было показано выше, траектория каждого из световых импульсов представляет собой гипотенузу прямоугольного треугольника со сторонами  $u$  и  $v$ , как это изображено на рис.10.

За время  $t$ , в течение которого в движущейся системе координат движущийся в стержне импульс пролетит расстояние  $L$ , в неподвижной системе за это же время тот же импульс пролетит путь  $ab$ , равный  $\sqrt{u^2 + v^2}t$ . Как следует из треугольника расстояний, в неподвижной системе координат длина пути  $ab$  равна  $\sqrt{L^2 + (vt)^2}$ , откуда следует:

$$t = L / u$$

Таким образом, время, в течение которого импульс света пролетит путь  $L$  в стержне, оказывается одинаковым и равным  $t = L / u$  как в движущейся, так и в неподвижной системах координат.

Предположим, наконец, что световые лучи движутся в воздухе со скоростью  $c$  строго вдоль меридиана, как это было в эксперименте Майкельсона-Морли. Как показали результаты эксперимента, в движущейся системе координат перпендикулярные лучи движутся строго между

точками  $a$  и  $b$ , одна из которых ( $a$ ) лежит на полупрозрачном зеркале, а другая ( $b$ ) – на отражателе. Очевидно, и в движущейся системе координат перпендикулярный луч света также должен двигаться между теми же двумя точками:  $a$  и  $b$ . Таким образом, наблюдается следующая картина: перпендикулярный луч света движется вдоль линии между двумя точками  $a$  и  $b$ , однако сама эта линия смещается относительно *неподвижного* наблюдателя со скоростью орбитального движения Земли. Тогда, если перпендикулярный луч действительно отклоняется в направлении орбитального движения Земли – а так оно и было на самом деле – то причиной такого отклонения, как и во всех рассмотренных выше случаях, является сложение скорости движения перпендикулярного луча с орбитальной скоростью Земли. В этом случае, Предположим, наконец, что световые лучи движутся в воздухе со скоростью  $c$  строго вдоль меридиана, как это было в эксперименте Майкельсона-Морли. Как показали результаты эксперимента, в движущейся системе координат перпендикулярные лучи движутся строго между точками  $a$  и  $b$ , одна из которых ( $a$ ) лежит на полупрозрачном зеркале, а другая ( $b$ ) – на отражателе. Очевидно, и в движущейся системе координат перпендикулярный луч света также должен двигаться между теми же двумя точками:  $a$  и  $b$ . Таким образом, наблюдается следующая картина: перпендикулярный луч света движется вдоль линии между двумя точками  $a$  и  $b$ , однако сама эта линия смещается относительно *неподвижного* наблюдателя со скоростью орбитального движения Земли. Тогда, если перпендикулярный луч действительно отклоняется в направлении орбитального движения Земли – а так оно и было на самом деле – то причиной такого отклонения, как и во всех рассмотренных выше случаях, является сложение скорости движения перпендикулярного луча с орбитальной скоростью Земли. В этом случае, согласно законам механики Галилея-Ньютона, траектория движения перпендикулярного луча света представляет собой гипотенузу прямоугольного треугольника со сторонами  $u$  и  $v$ , как это изображено на рис.1 (в данном случае  $u = c$ ). Тогда за время  $t$ , в течение которого в движущейся системе координат перпендикулярный луч пройдет расстояние  $L$  между точками  $a$  и  $b$ , в неподвижной системе за это же время тот же импульс пролетит путь  $ab$ , равный  $\sqrt{c^2 + v^2}t$ . Как следует из треугольника расстояний, в неподвижной системе координат длина пути  $ab$  равна  $\sqrt{L^2 + (vt)^2}$ , откуда следует:

$$t = L / c$$

Таким образом, время, в течение которого импульс света пролетит путь  $L$ , оказывается одинаковым и равным  $t = L / c$  как в движущейся, так и в неподвижной системе координат.

В эксперименте Шамира и Фокса отклонение перпендикулярного луча фактически обусловлено сложением скорости движения этого луча со скоростью движения среды – стеклянного стержня, в которой движется луч. Но это означает, вопреки общепринятому мнению, что эфир *внутри* стеклянного стержня *полностью*, а не по Френелю, увлекается движением этого стержня. Другими словами, эфир, находящийся между молекулами стекла, и сами эти молекулы представляют сплошную оптическую среду, движущуюся относительно той или иной системы координат как нечто единое целое.

Точно так же, и в эксперименте Майкельсона-Морли отклонение перпендикулярного луча фактически обусловлено сложением скорости движения этого луча со скоростью движения среды – атмосферы Земли, в которой распространяется луч в данном случае. Это означает, вопреки общепринятому мнению, что эфир *внутри* атмосферы Земли *полностью*, а не по Френелю, увлекается ее (атмосферы) движением. Другими словами, эфир, находящийся между молекулами газов, входящих в состав атмосферы, и сами молекулы этих газов представляют сплошную оптическую среду, движущуюся относительно той или иной системы координат как нечто единое целое.

## Закключение

Таким образом, изложенные выше соображения позволяют заключить:

1. Отклонение перпендикулярного луча *вслед* за смещением интерферометра, наблюдаемым в *неподвижной* системе координат, обусловлено *сложением* скорости движение



перпендикулярного луча света со скоростью движения атмосферы, движущейся с орбитальной скоростью Земли.

2. В свою очередь, нулевой результат эксперимента Майкельсона-Морли обусловлен отсутствием движения интерферометра относительно той среды, в которой распространяются лучи света в данном эксперименте, т.е. атмосферы Земли, что является единственно правильным и непротиворечивым объяснением нулевого результата данного эксперимента. Следовательно, несмотря на нулевой результат, эксперимент Майкельсона-Морли является не *подтверждением*, а, напротив, полным *опровержением* и ТО Лоренца, и СТО Эйнштейна.
3. Так как движение интерферометра относительно среды, в которой распространяется свет, не имеет места ни в эксперименте Майкельсона-Морли, ни в эксперименте Шамира и Фокса, время  $T_{\perp}$  оказывается равным  $T_{\parallel} = 2L/c$ .

Таким образом, для объяснения нулевого результата эксперимента Майкельсона-Морли гипотеза Лоренца о сокращении длины параллельного плеча интерферометра оказывается излишней.

Вместе с тем, «вихревой опыт» Саньяка доказывает, что в случае движения интерферометра относительно среды, в которой распространяется свет, наблюдается изменение интерференционной картины, в точности соответствующее скорости движения интерферометра относительно «светопроводящей среды», независимо от того, является ли эта среда воздухом или же чистым вакуумом или эфиром. Таким образом, нулевой результат эксперимента Майкельсона-Морли не является доказательством невозможности обнаружения каких-либо эффектов, обусловленных движением наблюдателя относительно эфира или же эфира относительно наблюдателя. Всё, что доказывает эксперимент Майкельсона-Морли, как и множество других экспериментов, это отсутствие движения эфира в атмосфере Земли – и только!

#### **Об авторе:**

Петров Валерий Владимирович

Пр-т Ленина, 30, кв. 9

Г.Николаев 54029

Украина

e-mail: [vvpetrov@mksat.net](mailto:vvpetrov@mksat.net)

#### **Источники информации:**

1. Albert A. Michelson, Edward W. Morley. On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether. The American Journal of Science. III series. Vol. XXII, No. 128, P.120 – 129 (имеется перевод данной статьи в книге «Эфирный ветер» под редакцией доктора технических наук В.А. Ацюковского. М. Энергоатомиздат, 1992).
2. Р.Фейнман, Р.Лейтон, М.Сэндс. Фейнмановские лекции по физике. М. Мир, 1976.
3. У.И.Франкфурт. Оптика движущихся сред и специальная теория относительности. Эйнштейновский сборник 1977, Москва, Наука, 1980.
4. Shamir J., Fox R. A new experimental test of special relativity. Nuov. Cim., 1969, 62B, p.258-264.