Michelson-Morley Experiment

Valery Timin

Creative Commons Attribution 3.0 License

(September 8, 2019)

Russia, RME

The Michelson-Morley experiment is devoted to the experimental measurement of the anisotropy of the speed of light propagation on the Earth's surface. Since at that time it was believed that space is filled with ether and light propagates in it, it was assumed possible to determine the speed of the Earth relative to the "ether" and the direction of motion of the Solar system in the space ASO. But the result is known to be negative. Rose "ether wind" was isotropic, to be exact - zero. Why didn't the theory coincide with the experiment?

In the orthonormal wave space Einstein's str the coordinates linked to each individual ISO to conditionally fit in space and time, the number of waves from resting in it a reference source. But whatever coordinate system is adopted, the number of waves on the trajectory will not depend on it. And phase of the returning route, the installation of MM-waves will coincide invariably in any ISO. But only with wave standards. Not Galilean absolute! If we had Galilean absolute standards, we would see the world differently. At least – if not eyes, ears, nose, tongue, hands (tactile) and other available feeling organs-at least in physical experiments. But we can not hope for this – all real standards are subject to electromagnetic and gravitational interaction with a finite, equal to the speed of light in a vacuum. And these are again the same waves.

Опыт Майкельсона-Морли посвящен экспериментальному измерению анизотропии скорости распространения света на поверхности Земли. Т.к. в то время считалось, что пространство заполнено эфиром и свет распространяется в ней, то предполагалось возможным определить скорость Земли относительно "эфира" и направления движения Солнечной системы в космическом АСО. **Но результат, как известно, отрицательный. Роза "эфирного ветра" оказалась изотропной, точнее - нулевой.** Почему теория не совпала с экспериментом?

В ортонормированном волновом пространстве СТО Эйнштейна координаты привязаны в каждом отдельном ИСО к условно укладывающимся в пространстве и времени количествам волн от покоящегося в ней эталонного источника. Но какая бы ни была принята координатная система, количество волн на траектории не будет зависеть от нее. И фазы возвращающихся с маршрута установки ММ волн будут совпадать неизменно в любом ИСО. Но только с волновом эталонами. Не галилеевыми абсолютными! Если бы у нас имелись галилеевы абсолютные эталоны, мир мы увидели бы другим. По крайней мере – если не глазами, ушами, носом, языком, руками (тактильными) и другими доступными чувствующими органами – хотя бы в физических экспериментах. Но надеяться на это не приходится – все вещественные эталоны подчинены электромагнитному, слабому, сильному и гравитационному с конечной, равной скорости света в вакууме, взаимодействиям. А это – опять же те же самые волны.

(Translated by Yandex Translator Яндекс-Переводчик)

Эксперимент Майкельсона-Морли

Оглавление

Экспериментальная установка ММ 3
Эксперимент ММ в галилеевом пространстве 4
Специфика постановки эксперимента 6
Распространение луча света в галилеевом пространстве с галилеевыми абсолютными эталонами длины и времени 7
Распространение луча света в галилеевом пространстве с глобальными волновыми не абсолютными эталонами длины и времени 8
Объяснение эксперимента ММ в СТО 10
Литература 12
Мои работы: 12

Опыт Майкельсона-Морли (далее – ММ) посвящен экспериментальному измерению анизотропии скорости распространения света на поверхности Земли. Т.к. в то время считалось, что пространство заполнено эфиром и свет распространяется в ней, то предполагалось возможным определить скорость Земли относительно "эфира" и направления движения Солнечной системы в космическом АСО.

Этот вопрос вызывает большой интерес в среде физиков и сегодня, потому что ответ на него не очевиден и в пространствах с различной геометрией и скоростью получения информации ответ может быть различным. Геометрия реального пространства определяется ее физическими эталонами, а в теоретической физике - ее абстрактной математической метрикой, повторяющей свойства эталонов. Например, в галилеевом пространстве, в котором возможно движение м.о. с произвольной скоростью, скорость получения информации стремится к бесконечности. И в ней должны существовать два абсолютных эталона – длины и времени.

Кроме движения м.о. с произвольной скоростью, в пространстве возможно также и волновое движение, скорость распространения фронта волны которой конечна. В галилеевом пространстве с бесконечной скоростью получения информации можно однозначно получить информацию о скорости распространения фронта волны простым опытом по формуле вычисления скорости по известному расстоянию L и времени распространения Δt:

$$c = \frac{L}{\Delta t}, \qquad (1)$$

причем этим способом можно получить скорость фронта волны в любом направлении. В том мире, в котором мы живем, эта формула прекрасно работает с любыми волновыми движениями. Но оказалось, не со всеми. Эксперимент ММ показал, что свет распространяется в любом направлении в любой с.о. с одной и той же скоростью $c \sim 3 \cdot 10^8$ м/с.

В пространстве, в котором нет абсолютных эталонов, возможно существование только эталонов на основе не абсолютных эталонов длины и времени на основе волновых движений. Следовательно, и сами параметры волновых движений можно будет измерять только сравнением с другими волновыми процессами. А основными волновыми параметрами являются длина и временная продолжительность определенного количества волн эталонного периодического процесса в вакууме (в "эфире"?). В свете этого скорость распространения света не может зависеть ни от направления, ни от скорости с.о., потому что они должны быть

измерены с помощью этой же световой волны или по крайней мере связаны с ней через электромагнитные взаимодействия. В опыте ММ еще питали надежду, что это не так и "твердые" м.о. не являются "волновыми" объектами, а являются галилеевыми объектами.

Современные практические эталоны, используемые в технике и физике, как раз являются такими. Международный комитет мер и весов в 1967 г. принял **новое определение секунды**, которая получила название АТОМНОЙ СЕКУНДЫ, - это время, в течение которого совершается 9'192'631'770 переходов между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133при температуре абсолютного нуля по шкале Кельвина. **Метр** определяется как длина пути, проходимого светом в вакууме за 1/299792458 с. Из этого следует, что в системе СИ скорость света в вакууме принята равной 299792458 м/с.

А. Эйнштейн в своей работе “К электродинамике движущихся сред” указывал, что распространению принципа относительности на оптику и электродинамику содействовали "неудавшиеся попытки обнаружить движение Земли относительно "светоносной среды". Многие физики считают, что появление специальной теории относительности (СТО) А. Эйнштейна было следствием объяснения отрицательного результата именно опыта ММ, 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 ММ.

Экспериментальная установка ММ

Цель опыта ММ заключалась в определении скорости "эфирного ветра", обусловленного движением Земли относительно эфира - гипотетической среды, заполняющей, все мировое пространство и свободно проходящей сквозь любые вещества и среды: твердые тела, жидкости, газы. В настоящее время точность опытов позволяет найти относительные отклонения изотропности скорости света в единицы 10^{-18}, однако на этом уровне никаких отклонений не найдено. Опыты ММ являются эмпирической основой принципа инвариантности скорости света, входящего в общую теорию относительности (ОТО) и специальную теорию относительности (СТО).

Схематически установка для проведения такого опыта приведена на рис. 1. Этой экспериментальной схемой воспользовались ученые конца XIX – начала XX веков Майкельсон и Морли. Суть опыта заключается в следующем. Монохроматический луч света от источника когерентного источника, пройдя через собирающую линзу, попадает на полупрозрачное зеркало (AB), 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 полупрозрачного зеркала (1) установлены два плоских зеркала — C и D. Лучи света, отражаясь от этих зеркал, снова падают на зеркало (AB), частично отражаются, частично проникают сквозь него и попадают на экран (детектор).

Рис. 1 Схематический план экспериментальной установки Майкельсона-Морли (источник: https://upload.wikimedia.org).

На детекторе формируются интерференционные волны, по отклонениям которых от некоторого нормального положения определяют скорость "эфирного ветра". Если интерферометр покоится относительно эфира, то время, затрачиваемое первым и вторым лучами света на свой путь, одинаково, и в детектор попадают два когерентных луча в одинаковой фазе. Следовательно, возникает интерференция, и можно наблюдать центральное светлое пятно на интерференционной картине, характер которой определяется соотношением форм волновых фронтов обоих пучков. Если же интерферометр движется относительно эфира, то время, затрачиваемое лучами на свой путь, оказывается разным.

Опыт ММ принципиально был направлен на то, чтобы подтвердить (или опровергнуть) существование мирового эфира посредством выявления «эфирного ветра» (или факта его отсутствия). Опыты ММ и многочисленные современные опыты с высокой точностью показали, что "эфирного ветра" нет и, следовательно, во всех предыдущих случаях времена должны совпадать.

Эксперимент ММ в галилеевом пространстве

Посмотрим, как происходит движение света, точнее, время движения света, в представлении как классической волны, в простейшем случае при движении от точки *A* до точки *B* и обратно. Это движение может быть разделено на два принципиально различных случая – 1) в состоянии покоя и 2) в состоянии движения относительно эфира. В каждом из этих случаев можно выделить еще три подслучая: a) движение "туда", b) движение "обратно", c) движение "туда и обратно". В галилеевом абсолютном пространстве каждый из этих случаев не только вычисляется теоретически, но и экспериментально измеримо. В не абсолютном пространстве это может быть и не так – в каждой с.о. свои эталоны длины и времени.

1). **Если нет "эфирного ветра"**, т.е. точки *A* и *B* находятся в состоянии покоя относительно "эфира". Время распространения "туда и обратно" определяется по формуле

$$T_{||} = t_{в} + t_{н} = \frac{L}{c} + \frac{L}{c} = \frac{2L}{c}. \tag{2}$$

Здесь c – скорость света,

$T_{||}$ – общее время движения света "туда и обратно",

L – расстояние между точками *A* и *B*,

$t_{в}$ - время движения света "туда",

$t_{н}$ - время движения света "обратно".

В данном случае время движения "туда" равно времени движения "обратно".

2). **Если есть "эфирный ветер"** со скоростью v, то точки *A* и *B* находятся в состоянии относительного движения относительно "эфира". С точки зрения "эфира" это эквивалентно движению источника в обратном направлении.

a) Время распространения "туда" определяется по формуле

$$t_{в} = \frac{L}{c + v}. \tag{3}$$

b) Время распространения "обратно" определяется по формуле

$$t_{н} = \frac{L}{c - v}. \tag{4}$$

c) Время распространения "туда и обратно" определяется по формуле

$$T_{||} = t_в + t_н = \frac{L}{c+v} + \frac{L}{c-v} = \frac{2Lc}{c^2 - v^2} = \frac{2L}{c}\frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}} = \frac{2L}{\gamma^2 c}. \quad (5)$$

где $\gamma^2 = 1 - \frac{v^2}{c^2}$.

Сравнивая эти случая, видим, что при наличии "эфирного ветра" время движения "классического света" отличается от предыдущего случая и зависит от направления "встречно – попутно" "эфирного ветра". А общее время движения "туда – сюда" становится меньше, чем как если бы не было ветра.

Сложность выполнения эксперимента по представленному выше расчету заключается в том, что мы не можем в реальном эксперименте разделить эти два случая. Мы даже не знаем, есть этот самый ветер или ее нет. А если есть – не знаем, в каком направлении он дует. И сама наша задача заключается в определении ее существования и измерении ее направления и скорости.

Для избежания этой сложности можно одновременно использовать два взаимно перпендикулярных когерентных луча. В соответствии с теорией эфира разность фаз в параллельном и перпендикулярном плече поддаются количественной оценке и обнаруживаются соответствующими экспериментальными средствами (ММ): если скорость "эфирного ветра" в направлении двух лучей различна, то и время движения для этих лучей будет различной,

В дополнение к формулам (1) – (5) рассчитаем количественную оценку времени прохождения луча по перпендикулярному направлению для сравнения с прохождением в попутном направлении. Для определения скорости волны в перпендикулярном направлении воспользуемся сложением векторов v и c как катеты в прямоугольном треугольнике. Пусть $v + c$ — скорость волны в направлении зеркала. Тогда $v_\perp$ будет равняться

$$v_\perp = |v_\perp| = \sqrt{v^2 + c^2} = c\sqrt{1 + \frac{v^2}{c^2}}. \quad (6)$$

Мы можем теперь вычислить и время прохождения луча по перпендикулярному направлению:

$$t_\perp = \frac{2L_\perp}{c}\frac{1}{\sqrt{1+\frac{v^2}{c^2}}} \sim \frac{2L}{c}\left(1 - \frac{v^2}{2c^2}\right). \quad (7)$$

$L_\perp$ - это гипотенуза, по ней сигнал идёт с увеличенной скоростью, при этом прохождение катета со скоростью c даст то же время, что и прохождение гипотенузы с этой увеличенной скоростью. Поэтому достаточно рассмотреть время в виде

$$t_\perp = \frac{2L}{c}. \quad (8)$$

Разность фаз двух перпендикулярных лучей будет пропорциональна разности времен прохождения своих путей каждым из лучей:

$$\delta = c\left(t_{\perp} - T_{||}\right) = 2\left(L - \frac{L}{1-\frac{v^2}{c^2}}\right) \sim 2L\frac{v^2}{c^2}. \qquad (9)$$

Специфика постановки эксперимента

Особенностью проведенных выше расчетов является то, что в них не учитывается специфика распространения использованных в эксперименте волновых процессов. А эта специфика имеет очень большое значение.

В проведенных выше расчетах для получения экспериментального целевого результата выбраны параметры "время распространения луча по выбранным направлениям (параллельно и перпендикулярно к направлению "эфирного ветра") туда и обратно". **Для реализации этого " выбора" в эксперименте необходимо реально измерять времена $t_в$ и $t_н$.** Но выполнить это с достаточной точностью практически невозможно: по крайней мере, в конце XIX века таких часов не было. Если бы это можно было сделать, то можно было бы измерить и одностороннюю скорость света в заполненном эфиром пространстве.

В реально поставленном эксперименте ММ детектирование факта разных времен хода лучей в разных направлениях осуществлялось измерением разности фазы двух когерентных лучей определенной частоты в конце пути на детекторе через соответствующее смещение интерференционной картины в результате прохождения лучом двойного расстояния "туда и обратно". Результат по (9) ожидался пропорциональным квадрату скорости "эфирного ветра". В результате появлялась возможность получить "розу" скоростей луча света в разных направлениях реального пространства и вычислить скорость "эфирного ветра".

Но результат, как известно, отрицательный. Роза "эфирного ветра" оказалась изотропной, точнее - нулевой. Почему теория не совпала с экспериментом?

Ответ, пожалуй, достаточно очевидный. Расчет фазы волны в конце пути произведен по формуле

$$\Delta\varphi = \frac{t_в + t_н - 2t_{\perp}}{\omega}. \qquad (10)$$

без учета свойств реальных эталонов длины и времени. А они оказались не галилеевыми. Получилось математическая тавтология: скорость света равна скорости света: $c = c \rightarrow c = c$.

Теоретически возможно использование двух видов эталонов – галилеева и волнового. Галилеевы эталоны длины и времени обладают абсолютными свойствами, и результаты измерения длины и времени не зависят от состояния движения ни экспериментальных устройств, ни от состояния движения объектов измерения. Галилеевы эталоны соответствуют галилееву пространству.

Другой вид эталонов – волновые. Волновые эталоны соответствуют волновым пространствам. Пространство СТО относится к ним. В их основе лежат свойства, которым подчиняется движение волн света в вакууме. Такими параметрами являются частота f, длина волны l и скорость ее распространения c. Эти три параметра зависимы отношением:

$$f \cdot l = c. \qquad (11)$$

Реальные эталоны длины и времени построены именно на этих свойствах эталонных периодических электромагнитных процессов и зависимости (11) (см. начало работы).

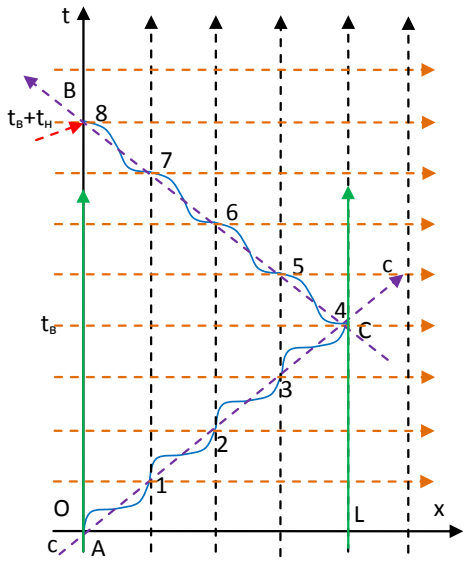
Волновые эталоны вполне можно применять для разметки галилеева пространства - но только одного из ИСО, в которой световая волна распространяется изотропно и которое

фактически является АСО для этой волны. В галилеевом пространстве существует единственное с точностью до поворотов такое ИСО ≡ АСО. Все остальные ИСО галилеева пространства не могут пользоваться этими эталонами для своей разметки в силу очевиднеой причины – не изотропии, и должны будут использовать для преобразований координат разметку АСО.

Далее рассмотрим особенности использование использования лучей света обоих видов эталонов.

Распространение луча света в галилеевом пространстве с галилеевыми абсолютными эталонами длины и времени

Ключевые словосочетания здесь галилеево пространство, галилеев эталон, эфир и "эфирный ветер" и "волновое АСО", соответствующе изотропному распространению эталонной волны. Это АСО одновременно и АСО для эфира.



а) "Эфирного ветра" нет.

Рис. 2. Эксперимент Майкельсона-Морли. Распространение луча света параллельно "эфирному ветру" при отсутствии "эфирного ветра

В галилеевом пространстве и при наличии, и при отсутствии "эфирного ветра" необходимо обеспечить равенство "галилеевых" длин (!) двух плечей интерферометра в единицах длины галилеева эталона длины. Естественно, в результате эффекта Доплера при движении установки длина волны и ее скорость относительно установки будут различными в разных направлениях. Но частота будет инвариантной независимо от направления. Это связано с абсолютностью определения времени и длины и, естественно, как следствие, времени начала фазы зарождения волны независимо от скорости и места ее зарождения. В направлении "туда" на длине плеча интерферометра будет укладываться $ft_в$ длин волн, а в обратном направлении - $ft_н$ длин волн, где f – частота волны. Этот случай полностью соответствует вышеприведенному расчету.

Рассмотрим графически процесс распространения волны в установке "туда и обратно" в двух направлениях – параллельно "эфирному ветру" и перпендикулярно к нему в двух случаях – при отсутствии и при наличии "эфирного ветра" (см. рис.2 и рис.3).

На рис.2 и рис.3 показаны координатные сетки. Фиолетовым штрих-пунктиром нарисованы мировые линии фронтов одномерных волн в двух направлениях для $c = 1$. На них же нанесены голубым цветом пронумерованные синусоиды волн. Т.к. пространство галилеево, то частота, скорость и форма волн от источника A и от зеркал C и D на сетке АСО не изменяется. Но длина изменяется в зависимости от скорости "ветра". По количеству волн на траектории фронта волны на графике можно однозначно определить расстояние и время движения света в направлении ACB: "туда и обратно". Точки A и C – это одна и та же точка, только в разные моменты времени. Зеленым цветом выделены мировые линии концов плеча $AC = BC$. Расстояние плеч выбраны четырем длинам волн в АСО.

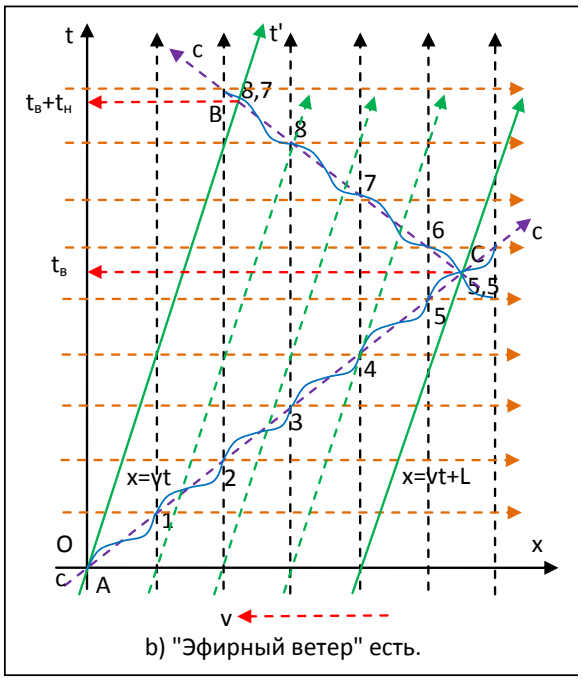


Рис. 3. Эксперимент Майкельсона-Морли. Распространение луча света параллельно "эфирному ветру" в направлений против "эфирного ветра".

На рис. 2 показан ход когерентных лучей света в случае отсутствия "эфирного ветра". Из рис. видно, что пути, проходимые лучом, в обоих направлениях равны и общая длина пути равна 8 длинам волн.

На рис.3 показан ход когерентных лучей света в случае наличия "эфирного ветра". Скорость "эфирного ветра" определяется наклоном зеленого луча *AB*. Координатная сетка соответствует с.о. АСО: "ветер" дует справа налево. Соответственно, экспериментальная установка движется слева направо. Из рис. видно, что луч "туда" до зеркала *C* совершает 5,5 колебаний, о "обратно" – 3,2 колебания, в общей сумме – 8,7 колебания. Это больше, чем 8 колебаний без " эфирного ветра".

Процесс распространения волны в установке "туда и обратно" в направлении перпендикулярно "эфирному ветру" не зависит от наличия "эфирного ветра". Поэтому графически процесс хода луча ничем не отличается от рис.2, точнее, вместо оси *x* будет нарисована ось *y*. Из рис.2 видно, что пути, проходимые лучом в перпендикулярном к "ветру" направлении, в обоих направлениях – туда и обратно – равны, и общая длина пути равна 8 длинам волн.

Распространение луча света в галилеевом пространстве с глобальными волновыми не абсолютными эталонами длины и времени

Ключевые словосочетания здесь – "волновое ИСО" и "волновые эталоны". Глобальные и безусловные. Еще одно ключевое словосочетание – "эфирный ветер" и связанное с ним АСО, а также эфир и галилеево пространство: через них будет осуществляться связь с предыдущей "галилеевой" частью.

В галилеевом пространстве и при наличии, и при отсутствии "эфирного ветра" необходимо было обеспечить равенство "галилеевых" длин двух плечей интерферометра в единицах длины галилеева эталона длины. Как известно, результат экспериментов ММ и других показали, что в физической реальности расчеты предыдущей части не реализуются. Следовательно, необходимо рассмотреть какую-то альтернативу.

В данной части рассмотрим тот же самый эксперимент с той же самой установкой в том же самом галилеевом пространстве, но с другими, не галилеевыми, эталонами. А именно, в качестве эталона возьмем эталонный волновой процесс распространения фронта волны эталонной частоты. Тем более, это соответствует принятым практическим международным сообществом эталоном длины и времени (см. начало работы). Таким образом, единицей длины принимается определенное количество длин электромагнитной волны эталонной частоты, а за единицу времени – промежуток времени, соответствующий этому количеству волн. Это принципиально изменяет ситуацию с ходом, результатом и выводами эксперимента.

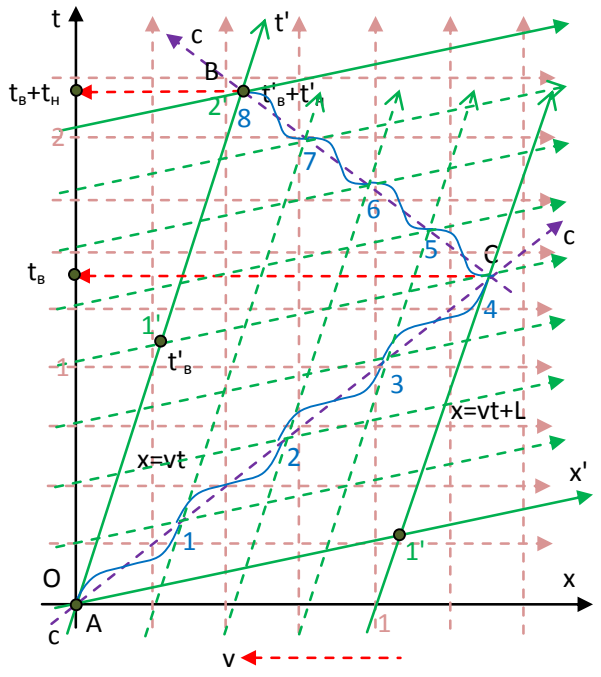


Рис. 4. Эксперимент Майкельсона-Морли. Распространение луча света в движущейся ИСО относительно некоторого условно "выделенного галилеева АСО".

Рассмотрим графически процесс распространения волны в установке "туда и обратно" в двух направлениях – параллельно и перпендикулярно к условному "эфирному ветру" в галилеевом "эфирном" АСО в двух случаях – при отсутствии и при наличии этого условного "эфирного ветра".

Первый случай – отсутствие условного "эфирного ветра". Этот случай ничем не отличается от такого же случая предыдущей части (см. рис.2). Случай АСО галилеева пространства. Но в данной части – это просто некоторая, выбранная как начальная, с.о. Поэтому сразу же перейдем к случаю наличия условного "эфирного ветра" (рис.4), но в данной части – просто другая ИСО.

На рис.4 показаны координатные сетки (со значениями базовых координат в условных эталонных количествах волн): условного галилеева АСО – светло-бежевым цветом, движущейся с.о. - зеленым. Фиолетовым штрих-пунктиром нарисованы мировые линии фронтов одномерных параллельных условному "эфирному ветру" волн в двух направлениях для $c = 1$. На них также нанесены голубым цветом пронумерованные синусоиды волн в соответствии со свойствами волнового эталона .

В условно галилеевом АСО на маршруте – "туда и обратно" скорость волн остается постоянной, как и на рис.2 и рис.3. Но нарисовать волны на этом маршруте так же, как и на предыдущих рисунках, не можем, потому что здесь должны быть применяются другие эталоны. Не абсолютные, а волновые. Причем движущийся волновой экспериментатор не имеет возможности знать абсолютные пространственные и временные координаты, нанесенные на ПВ абсолютными галилеевыми эталонами. В соответствии с принципом формирования волновых эталонов длины и времени формирование эталонных волн в условном АСО и движущемся волновом пространстве не связаны друг с другом.

Поэтому на рис.2 количество волн на пути L "туда и обратно" равно четырем, как в галилеевом АСО, так и волновом ИСО. Но количество волн туда и обратно в движущемся ИСО рис.3 уже не равно четырем, в соответствии со свойствами эталона времени: начала фронтов волн формируются в моменты абсолютного времени, а времена прохождения лучей "туда и обратно" уже отличаются (см. рис.3).

В волновом пространстве независимо от наличия или отсутствия "эфирного ветра" должно укладываться одно и то же число длин волн луча выбранной частоты в обоих – и в параллельном, и в перпендикулярном – направлениях. Это соответствует использованию "волнового" эталона, отличного от "галилеевого". **Поэтому в движущемся волновом пространстве рис.4 количество волн на маршруте L "туда и обратно" должно быть равно четырем.** Но вот сказать, сколько времени луч света двигался "туда и обратно" по отдельности, невозможно.

И здесь открывается большое пространство для постулирования различных координатных систем. Абсолютные и не абсолютные. С релятивистскими коэффициентами и нет. Ортонормированные и нет. Типа преобразований Тангерлини и другие. Какие угодно.

Можно только предположить, что раз количество волн одно и то же, то и скорость, и время прохождения маршрута в обоих направлениях должны быть одними и теми же. Т.е. постулируется второе предположение (постулат) Эйнштейна. В ортонормированном волновом пространстве СТО Эйнштейна координаты привязаны в каждом отдельном ИСО к условно укладывающимся в пространстве и времени количествам волн от покоящегося в ней эталонного источника. Но какая бы ни была принята координатная система, количество волн на траектории не будет зависеть от нее. И фазы возвращающихся с маршрута установки ММ волн будут совпадать неизменно в любом ИСО. Но только с волновом эталонами. Не галилеевыми абсолютными! Если бы у нас имелись галилеевы абсолютные эталоны, мир мы увидели бы другим. По крайней мере – если не глазами, ушами, носом, языком, руками (тактильными) и другими доступными чувствующими органами – хотя бы в физических экспериментах. Но надеяться на это не приходится – все вещественные эталоны подчинены электромагнитному, слабому, сильному и гравитационному с конечной, равной скорости света в вакууме, взаимодействиям. А это – опять же те же самые волны.

Объяснение эксперимента ММ в СТО

Посмотрим, как именно теория относительности Эйнштейна объясняет нулевой результат данного эксперимента. Основываясь на представлениях теории относительности, лауреат Нобелевской премии по физике Л. Купер так объясняет нулевой результат эксперимента ММ: "Предположим, что мы осмысливаем опыт, предназначенный для определения скорости с точки зрения движущегося прибора. Рассмотрим, например, время распространения импульса, движущегося параллельно направлению движения прибора. Мы могли бы сказать, что при движении вперед скорость света равна $c - v$, а при обратном движении равна $c + v$. Тогда

$$t_{\text{в}} = \frac{L}{c+v}. \tag{3}$$

$$t_{\text{н}} = \frac{L}{c-v}. \tag{4}$$

и, как и раньше,

$$T_{||} = t_{\text{в}} + t_{\text{н}} = \frac{L}{c+v} + \frac{L}{c-v} = \frac{2Lc}{c^2 - v^2}. \tag{5*}$$

Однако результат опыта ММ можно объяснить, если считать, что

$$T_{\text{СТО}} = \frac{2L}{c}. \tag{10}$$

(независимо от величины v).

Но возможно ли такое? Как известно, вся теория относительности построена на двух принципах или постулатах Эйнштейна. Эйнштейн предположил, что в любой системе координат, безотносительно к существованию или не существованию "мирового эфира", уравнение распространения электромагнитного поля должно иметь вид:

$$x^2 + y^2 + z^2 = c^2t^2 . \tag{11}$$

Этим он исключил из расчетов "эфир" и формула (10) стала правильной в любой ИСО.

Нетрудно видеть, что Эйнштейн предположил, что скорость света в неподвижной и движущейся системах координат есть величина постоянная. Это значит, что, независимо от

того, существует или не существует "эфирный ветер", скорость распространения света равна фундаментальной скорости c ~ 300'000'000 м/с. Именно на основании этого предположения им выведена так называемая “релятивистская” формула сложения скоростей, согласно которой

$$c\#v = \frac{c+v}{1+\frac{cv}{c^2}} = \frac{c-v}{1-\frac{cv}{c^2}} = c, \tag{12}$$

где “#” - знак “релятивистского” сложения (вычитания) скоростей.

С другой стороны, согласно теории относительности, плечо интерферометра, параллельное его движению, сокращается пропорционально множителю $(1 - v^2/c^2)^{1/2}$, а также происходит замедление течения времени с этим же коэффициентом. Учитывая это, получим из классического (5)

$$T_{||} = T_{||}{}' = t_в + t_н = \frac{2L}{c}\frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}} \rightarrow \tag{5*}$$

результат **с точки зрения релятивистского наблюдателя, связанного с движущимся объектом**:

$$T_{||} = \frac{2L}{c\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)} \rightarrow$$

$$\frac{T_{\text{СТО}}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{2\left(L_{\text{СТО}}\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\right)}{c\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)} \rightarrow \tag{13}$$

$$T_{\text{СТО}} = \frac{2L_{\text{СТО}}}{c}.$$

Для перпендикулярного луча имеем (8):

$$t_\perp = \frac{2L}{c}. \tag{8}$$

Учитывая, что ход времени замедляется, а длина в перпендикулярном направлении не изменяется, **с точки зрения релятивистского наблюдателя, связанного с движущимся объектом имеем**:

$$\frac{t_\perp}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{2L}{c} \rightarrow \tag{14}$$

$$T_{\text{СТО}} = \frac{2L_{\perp\text{СТО}}}{c}.$$

Мы видим полное соответствие друг другу формул (2), (13) и (14). Только с одним существенным отличием: (2) верен только в выделенной эфиром АСО, а (13) и (14) в любой ИСО – как будто выделенной эфиром с.о. (АСО) вовсе нет.

Обратный переход от (13) из ИСО СТО в АСО покоящегося "эфира" осуществляется по следующей процедуре. В СТО имеем:

$$T_{\text{СТО}} = \frac{2L_{\text{СТО}}}{c}. \tag{13*}$$

Предполагая, что АСО "эфира" имеет скорость *v*, переведем это уравнение в с.о. АСО, проведя обратные операции. Первая операция – деление на релятивистский коэффициент:

$$\frac{T_{\text{СТО}}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{2L_{\text{СТО}}}{c\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \rightarrow$$

$$\frac{T_{\text{СТО}}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{2L_{\text{СТО}}}{c\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\frac{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \rightarrow \tag{15}$$

$$T_{||} = \frac{2L_{\text{СТО}}\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}{c\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)} \rightarrow$$

$$T_{||} = \frac{2L}{c}\frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}.$$

Получили то, с чего начали – результат идентичен (5). Но этот переход можно провести, только если известна скорость АСО "эфира". А в СТО безразлично, существует "эфир" или его нет. В ней любая ИСО как АСО, и все ИСО равноправны. Но если будет доказано экспериментом, что АСО эфира существует, то это не приведет к отставке СТО. Просто появятся новые возможности для более глубокого изучения того, где мы существуем. А СТО будет работать в области, где эффект от существования эфира не проявляется. Примерно так же, как релятивизм не учитывается в КФ.

Литература

1. Акивис М.А., Гольдберг В.В. Тензорное исчисление. – М.: Наука, 1972. – 351 с.
2. Детлаф, А.А. Курс общей физики / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. - М. Высшая школа, 2017. - 245 с.
3. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике / И.Е. Иродов. - М.: Бином, 2017. - 146 с.
4. Димитриенко Ю.И. Тензорное исчисление: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 575 с. 74
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Курс теоретической физики: В 10 т.: т. 2. – М.: Физматлит, 2002. – 224 с
6. Малыкин Г. Б. , “Паралоренцевские преобразования”, УФН, 179:3 (2009), 285–288; Phys. Usp., 52:3 (2009), 263–266
7. Эйнштейн А Собрание научных трудов Т. 1 (М.: Наука, 1965) с. 7 [Einstein A Ann. Physik 322 891 (1905)]

Мои работы

http://vixra.org/author/valery_timin