

Интерферометр Менде -Дубровина: от экспериментального опровержения преобразований Лоренца к новым перспективам космической пассивной радиолокации

Ф. Ф. Менде, А. С. Дубровин

Аннотация

Разработан интерферометр нового типа, использующий принцип механического деления луча. С его помощью экспериментально доказана несостоятельность преобразований Лоренца. Разработана методика проверки постулата специальной теории относительности об инвариантности скорости света. Показано, что такой интерферометр может быть использован для целей пассивной космической радиолокации.

Ключевые слова: специальная теория относительности, интерференция, лазер, интерферометр Майкельсона, эффект Доплера, закон Снелиуса, радиолокация.

1. Введение

Интерферометр Майкельсона был изобретён американским физиком Альбертом Абрахамом Майкельсоном. При помощи этого интерферометра был решен ряд важных научных и прикладных задач, в частности была с высокой точностью измерена скорость света. Однако в экспериментах, проводимых Майкельсоном, были и существенные ошибки. Эти ошибки он совершил, пытаясь доказать, что скорость света ЭМ волны складывается со скоростью источника, излучающего такую волну. До конца своей жизни он считал, что существует упругая среда, в которой и распространяются ЭМ волны. Поэтому результаты экспериментов, которые он провёл вместе с Морли [1] по обнаружению такой среды, были для него большой неожиданностью. Пытаясь усовершенствовать эксперимент, он попытался в качестве источника излучения использовать свет звезды, но здесь его ждало ещё большее разочарование. Исследования показали, что измеренная скорость света, не зависит от скорости звезды и равна ранее измеренному им же значению, что соответствовало специальной теории относительности, которую до конца жизни он так и не признал.

Чтобы понять, в чём заключалась ошибка Майкельсона, рассмотрим принцип работы его интерферометра [2], схема которого приведена на рис. 1

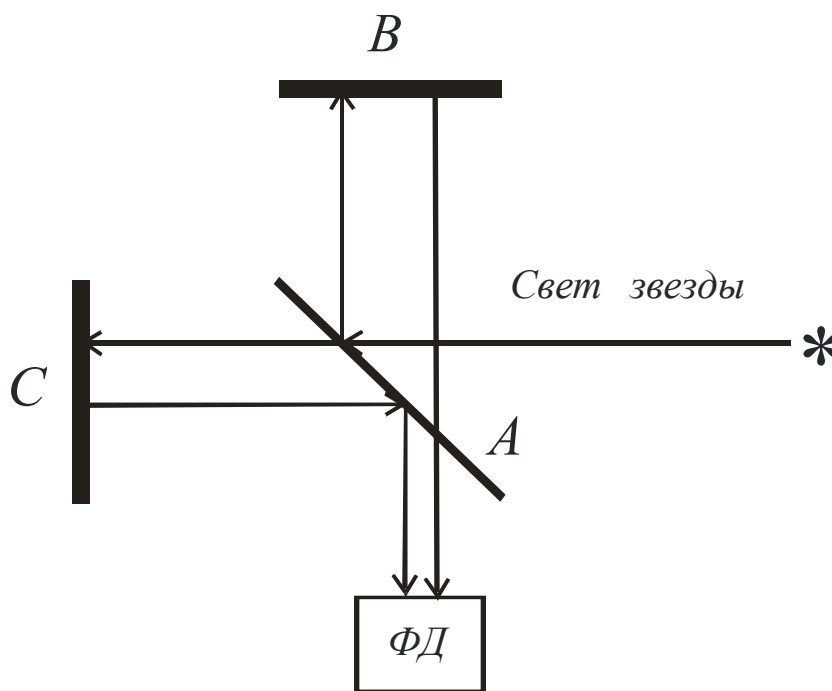


Рис. 1. Схема интерферометра Майкельсона.

Луч звезды, отраженный от делительного зеркала А попадает на отражающее зеркало В и, будучи отраженным от него, попадает на фотодетектор. Особенностью такого процесса является то, что зеркало В находится в той же инерциальной системе отсчёта (ИСО), в которой находится и сам интерферометр. Это означает, что, какая бы не была скорость ЭМ волны, пришедшей от звезды, её скорость, после отражения от зеркала В, будет равна скорости света в ИСО интерферометра.

Вторая часть ЭМ волны, пришедшей от звезды, проходя через делительное зеркало А, также попадает на отражательное зеркало С. После отражения от этого зеркала волна также будет иметь скорость равную скорости света в системе интерферометра. Но вопрос заключается в том, какую скорость будет иметь указанная электромагнитная волна после прохождения делительного зеркала.

Рассмотрим схему движения луча через делительное зеркало, учитывая то, что полупрозрачный слой на нём нанесён на стекло определённой толщины. Поскольку стекло является диэлектриком, обладающим диэлектрической

проницаемостью, отличной от воздуха, то траектория движения луча будет зависеть от показателя преломления стекла. Эта траектория показана на рис. 2.

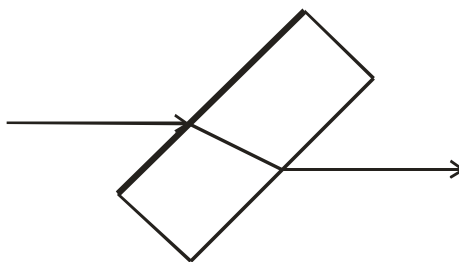


Рис. 2. Распространение луча света через стеклянную пластинку

Луч света падает на стеклянную пластинку со стороны, на которой нанесено полупрозрачное покрытие и далее, преломляясь дважды, выходит из неё в том же направлении. При обратном движении луча его траектория остаётся неизменной меняется лишь направление его движения. При этом луч движется в соответствии с законом Снелиуса [2], резко меняя своё направление после входа и выхода из пластинки. Но такое преломление луча связано с тем, что электрические поля волны, проходящей через пластинку, заставляют колебаться связанные заряды в диэлектрике, которые переизлучают эти поля. И если до входа в пластинку волна и имела скорость отличную от скорости света в системе отсчёта интерферометра, то после прохождения волны через пластинку её скорость будет равна скорости света в системе его отсчёта. Поэтому при помощи интерферометра Майкельсона нельзя измерить скорость ЭМ волны до её попадания на делительное зеркало. Майкельсон не учёл эти обстоятельства, в чём и состояла его ошибка.

Впоследствии были изобретены различные модификации интерферометра Майкельсона [2], такие как интерферометр Жамена, Рождественского, Фабри-Перо и другие приборы с многократно разделёнными световыми пучками. Но во всех этих приборах для деления, разделения и отражения световых лучей используются полупрозрачные или отражающие слои металлов, нанесённые на стеклянные пластинки, или границы раздела между диэлектриками с различной диэлектрической проницаемостью. Поэтому все указанные интерферометры страдают теми же недостатками, что и интерферометр Майкельсона. Поэтому при их помощи нельзя определить скорость проходящей извне ЭМ волны. Поэтому необходима разработка интерферометра принципиально нового типа, лишённого этих недостатков.

Но есть ещё одно обстоятельство, которое следует учитывать при постановке таких экспериментов.

Явление фазовой aberrации света заключается в том, что при астрономических наблюдениях такая aberrация приводит к изменению наблюдаемого положения звёзд на небесной сфере вследствие изменения направления скорости движения Земли. В астрономии используют систему отсчёта, связанную с Солнечной системой, поскольку её с высокой точностью можно считать инерциальной. Звёздные атласы составлены именно в ней. Суточная aberrация мала, и даже угол годичной aberrации не велик; наибольшая его величина, при том условии, что движение Земли перпендикулярно направлению луча, составляет всего около 20,5 секунды. Звезда, находящаяся в полюсе эклиптики, лучи которой перпендикулярны плоскости земной орбиты в системе отсчёта Солнца, будет в течение всего года наблюдаться отстоящей от своего истинного положения на 20,5 секунды, то есть описывать окружность диаметром 41 секунда. Этот кажущийся путь для прочих звёзд уже будет представлять не окружность, а эллипс. Большая полуось этого эллипса равна 20,5", а малая полуось равна $20,5 \sin \beta$, где β - эклиптическая широта наблюдаемого небесного светила. Если звезда находится на самой эклиптике, то её годовое движение, вследствие световой aberrации, представится видимым отрезком прямой линии, являющимся дугой эклиптики на небесной сфере, и по этому отрезку звезда идёт то в одну сторону, то в другую. Но aberrация света прямым образом указывает на сложение скорости света со скоростью Земли. Рассмотрим этот вопрос подробнее.

На рис. 3 изображена схема aberrации света звезды, когда она находится в полюсе эклиптики и её лучи перпендикулярны плоскости земной орбиты. В системе отсчёта звезды её луч движется со скоростью света c вертикально по отношению к земной поверхности. Если Земля движется, как показано на рисунке вправо со скоростью v_0 , то сложение вектора скорости луча звезды и скорости Земли в системе отсчёта Земли происходит по правилу сложения векторов, как показано на рисунке. Это означает, что суммарная скорость луча v будет определяться в соответствии с соотношением $v = \sqrt{c^2 + v_0^2}$. Эта скорость больше скорости света.

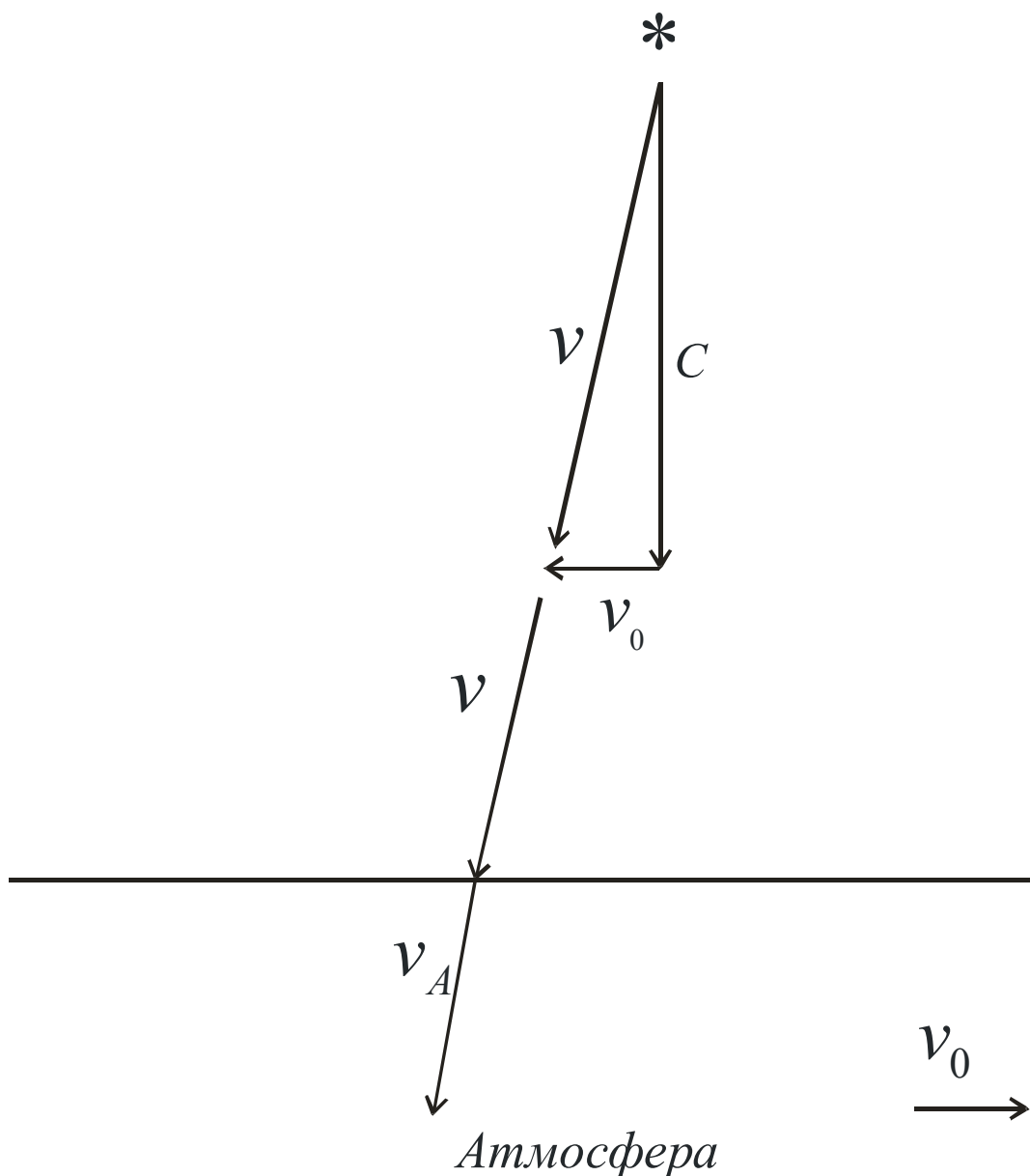


Рис. 3. Схема абберации света звезды

В данном случае суммарный вектор скорости луча уже не вертикален земной поверхности, а его угол наклона равен углу абберации, тангенс которого определяется как отношению скорости Земли к скорости света. Продолжая своё движение в указанном направлении, луч достигает атмосферы (В данном случае считается, что у атмосферы резкая граница с вакуумом космоса). Но воздух атмосферы имеет диэлектрическую проницаемость большую, чем диэлектрическая проницаемость вакуума, поэтому на границе

с атмосферой луч испытывает преломление в соответствии с законом Снелиуса и изменяет свою скорость и направление. До попадания в атмосферу скорость луча была больше, чем скорость света в воздухе но при попадании в атмосферу он изменяет свою скорость таким образом, чтобы она соответствовала скорости света в воздухе.

Поперечный эффект Доплера, который обсуждается достаточно давно, до сих пор не нашел своего уверенного экспериментального подтверждения. Для наблюдения звезды из движущейся ИСО необходимо наклонять телескоп по ходу движения на угол, определяемый соотношением

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_0}{c}$$

Звезда, наблюдаемая в зените, в действительности находится несколько позади по направлению движения. Но это будет означать, что такая звезда по отношению к наблюдателю имеет радиальную составляющую скорости, определяемую соотношением

$$v_r = v_0 \operatorname{tg} \alpha .$$

Для малых углов $\operatorname{tg} \alpha \cong \alpha$, $\alpha = v/c$, и доплеровский сдвиг частоты равен

$$\omega_{d\perp} = \omega_0 v^2 / c^2 .$$

Данный результат численно совпадает с результатами специальной теории относительности (СТО), но принципиально отличается тем, что в СТО поперечный эффект Доплера считается реальным, а в данном случае это только кажущийся эффект.

В то же время, если Земля и звезда сближаются, или удаляются по направлению луча, то происходит простое сложение векторов, при котором скорость луча может быть как больше, так и меньше скорости света. В этом случае имеет место эффект Доплера, при котором, частота волны, в системе наблюдения Земли, получает доплеровскую добавку, знак которой зависит от относительной скорости Земли и звезды. Этот вопрос мы обсудим ниже.

Описанные явления является дополнительным препятствием на пути проверки постулата об инвариантности скорости света, поскольку такие измерения нужно проводить или в космосе или в высоковакуумных камерах. Известны многочисленные попытки измерения скорости света, излучаемого движущимися источниками, наиболее характерные из них приведены в работах [3-11], но все эти эксперименты давали один и тот же результат,

подтверждающий постулат теории относительности об инвариантности скорости света. Но другого результата и не могло быть, т.к. все эксперименты проводились в атмосфере, в которой скорость ЭМ волн не может быть больше, или меньше, чем та, которая определена диэлектрической проницаемостью воздуха. К тому же существующие интерферометры, используемые в экспериментах, для этих целей не пригодны.

В статье предлагается новый тип интерферометра, лишенного указанных недостатков, в основу которого положен принцип механического деления луча.

2. Интерферометр с механическим делением луча лазера

Схема интерферометра с механическим делением луча лазера показана на рис. 4.

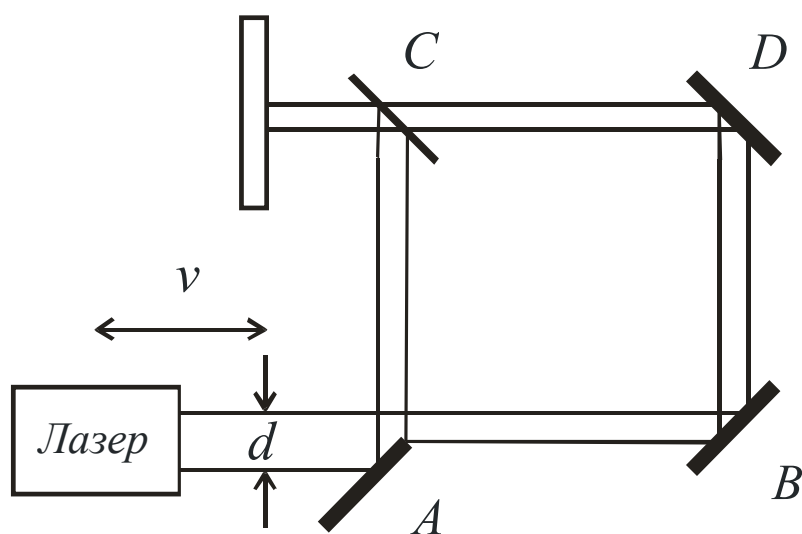


Рис. 4. Схема интерферометра с механическим делением луча лазера.

Луч лазера, диаметр которого равен d , частично перекрывает отражающее зеркало A. Это зеркало расположено так, что часть луча оно отражает в нормальном направлении по отношению к первичному направлению движения луча. Вторая часть луча продолжает двигаться в прежнем направлении с прежней скоростью v , попадая на отражающее зеркало B, отражается в вертикальном направлении по отношению к первоначальному направлению движения. Далее лучи, пройдя пути указанные на схеме, где D

- отражающее зеркало, а зеркало С - делительное, попадают на экран, где и воспроизводится картина их интерференции. В рассмотренной схеме лазер, который является источником излучения, может быть неподвижным или двигаться с заданной скоростью. На месте лазера также может находиться зеркало, которое отражает луч неподвижного лазера, при этом зеркало также может быть неподвижным или двигаться по заданному закону. Этот случай эквивалентен рассмотренному с той лишь разницей, что в качестве луча испускаемого движущимся лазером используется луч, отраженный от движущегося отражательного зеркала. Преимуществом интерферометра с механическим делением луча является то, что в нём не используются делительные зеркала, а деление луча в заданной пропорции производится методом его механического перекрытия.

Схема интерферометра с механическим делением луча, в котором используется неподвижный лазер, луч которого отражается от неподвижного или движущегося зеркала, изображена на рис. 5. На этой схеме луч лазера имеет диаметр, который равен расстоянию между линиями, выходящими из лазера.

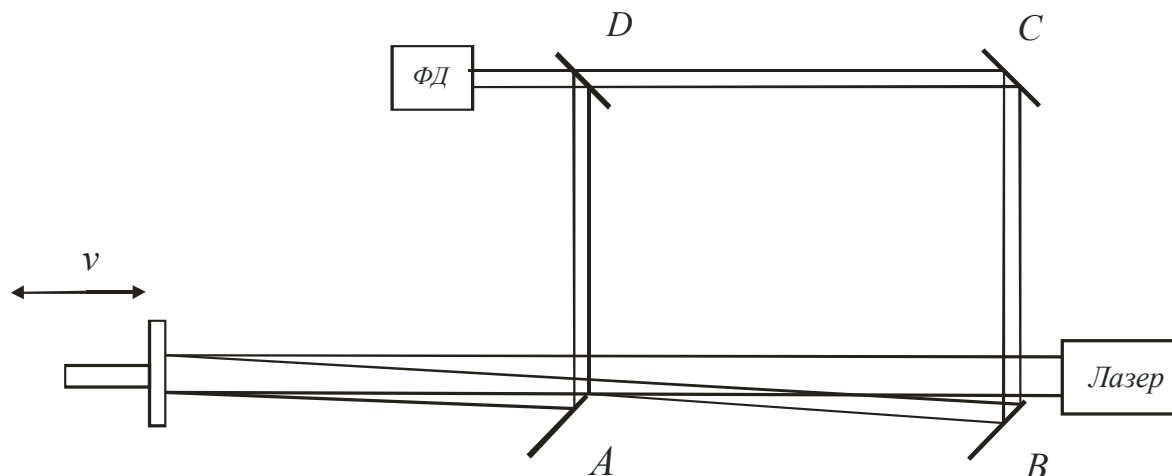


Рис. 5. Схема интерферометра с отражательным зеркалом.

Опишем параметры исследуемого интерферометра и способ его настройки.

Интерферометр смонтирован на монтажной плите размером 75x300x1200 мм и имеет следующие параметры: расстояние между наконечником лазера и зеркалом В - 200 мм, расстояние между зеркалами А и В, а также D и С 250

мм, расстояние между зеркалами А и D, а также В и С - 200 мм. Расстояние от наконечника лазера до отражающего зеркала -1400 мм.

В интерферометре в качестве лазера используется лазер с зелёным лучом Green Laser Pointer с длиной волны 532 нм мощностью 5 мВт. Диаметр его луча составляет 1.1 мм. Лазерный луч выходит из наконечника. На этот наконечник с внешней стороны одет отражающий экран, в котором имеется отверстие для прохождения луча диаметром около 2 мм. Вначале отражающие зеркала А и В устанавливаются таким образом, чтобы они не мешали прохождению прямого и отраженного луча лазера. При этом положение лазера и отражающего зеркала устанавливается так, чтобы прямой и отраженный луч и поверхность платформы были параллельны.

В интерферометре имеется вибратор, осуществляющий колебательное движение отражающего зеркала. Для исключения влияния вибратора на работу интерферометра он установлен на отдельной монтажной плите размером 75x300x650 мм. Эта плита устанавливается на отдельном столе. Кроме этого вибратор находится в коробе, внутри которого имеется футеровка из паролон, а луч на отражающее зеркало попадает через отверстие в коробе. Это сделано для того, чтобы звуковая волна, генерируемая вибратором, не влияла на работу интерферометра. Вибратор обеспечивает гармоническое колебание отражающего зеркала с частотой 50 Гц. Амплитуда колебаний зеркала может регулироваться от нуля до 5 мм.

Настройка интерферометра производится в следующем порядке. Луч лазера наводится на неподвижное отражающее зеркало, и это зеркало устанавливается таким образом, чтобы отраженный луч попал на экран на наконечнике лазера. При этом расстояние от отражения луча на экране до отверстия в нём должно составлять порядка 2-4 мм параллельном плоскости платформы направлению. Затем зеркала А и В устанавливаются под углом 45 градусов по отношению к направлению отраженного луча. Далее зеркало В выдвигается по направлению к лучу таким образом, чтобы оно полностью перекрыло отраженный луч, но не перекрывало прямой. После этого выдвигается зеркала А. Оно выдвигается до тех пор, пока интенсивности лучей, отраженных от зеркал А и D будет равны. Далее, юстируя зеркала D и С, добиваются сведения лучей на экране, расположенного по ходу лучей. Для увеличения интерференционной картинке используется объектив, установленный по ходу лучей (на схеме не показан). Затем включают вибрацию отражающего зеркала и наблюдают поведение интерференционной

картинки на экране. Если необходимо вывести сигнал, даваемый сведенными лучами на осциллограф, следует использовать фотодетектор.

3. Обоснование и проведение эксперимента по проверке состоятельности специальной теории относительности

Специальная теория относительности, созданная Эйнштейном, господствует в физике уже более ста лет [12,13]. Эта теория основана на постулатах, и это вызывает критику со стороны многих учёных. Основой СТО являются преобразования Лоренца. Если инерциальная система отсчёта K движется по отношению к ИСО K' со скоростью v , то формулы преобразования частоты и волнового вектора, определяемые преобразованиями Лоренца, запишутся:

$$\omega' = \frac{\omega \left(1 + \frac{v}{c}\right)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (3.1)$$

$$k' = \frac{\frac{\omega}{c} \left(1 + \frac{v}{c}\right)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (3.2)$$

В этих соотношениях v - скорость не штрихованной ИСО, в которой находится источник излучения, а штрихами отмечены частота и волновой вектор в штрихованной ИСО. Следовательно, при переходе электромагнитной (ЭМ) волны из одной ИСО в другую одновременно изменяется и её частота, и волновой вектор в соответствии с приведенными соотношениями. Но эти изменения происходят таким образом, что отношение частоты к волновому вектору в обеих системах остаётся неизменным и равным скорости света. Поскольку изменяется волновой вектор, то, как следствие, изменится и длина волны приходящей ЭМ волны. Но это означает, что у нас отсутствует возможность узнать, поступает ли в систему наблюдения сигнал от движущегося излучателя или неподвижного, если мы не знаем относительной скорости излучателя и ИСО, в которой производятся измерения.

Если плоская поперечная ЭМ волна распространяется в выбранной ИСО по оси Z и в начале координат её электрическое поле изменяется по закону

$$E(t) = E_0 \sin \omega_0 t,$$

то это же значение поля будет наблюдаться в любой точке наблюдения Z с запаздыванием $t = \frac{z}{c}$, где c фазовая скорость волны. Это условие соблюдается в том случае, когда источник излучения находится в той же ИСО, что и выбранная система координат. В этом случае зависимость электрического поля от координаты и времени запишется

$$E(t, z) = E_0 \sin \omega_0 \left(t - \frac{z}{c} \right).$$

Текущие значения фазы в точках наблюдения z_1 и z_2 будут соответственно равны:

$$\varphi_1(t) = \omega_0 t - \frac{z_1 \omega_0}{c}, \quad (3.3)$$

$$\varphi_2(t) = \omega_0 t - \frac{z_2 \omega_0}{c}. \quad (3.4)$$

Разность фаз между указанными точками при этом составит

$$\Delta\varphi = \frac{(z_2 - z_1)\omega_0}{c} = \frac{\Delta z \omega_0}{c} = \Delta z k,$$

где $\Delta z = z_2 - z_1$ - расстояние между точками наблюдения. В данном соотношении величина

$$k = \frac{\omega}{c}$$

представляет абсолютное значение волнового вектора.

Рассмотрим случай, когда электромагнитная волна приходит в заданную ИСО извне. Для случая, когда генератор, излучающий волну, неподвижен по отношению к выбранной ИСО ситуация не изменится. И если в точке

наблюдения Z_1 фаза волны определяется соотношением (3.3), то и в точке наблюдения Z_2 фаза волны будет определяться аналогичным соотношением (3.4). Если же по каким либо причинам частота приходящей волны изменится и станет равной ω_1 , то для фазы волны будут выполняться те же соотношения (3.3) и (3.4), в которые следует подставить новое значение частоты. Как уже было сказано, в СТО не имеет значения, какие причины привели к изменению частоты, поскольку выполнение соотношений (3.1) и (3.2) требуют именно такого соответствия.

Но причины изменения частоты волны, приходящей в ИСО могут быть две. Первая из них может быть связана с тем, что изменилась частота генератора, излучающего волну, который неподвижен по отношению к выбранной ИСО. Вторая причина может быть связана с тем, что генератор волны движется и изменение частоты связано эффектом Доплера. С точки зрения СТО эти две ситуации не различимы.

Рассмотрим случай, когда генератор волны движется с постоянной скоростью V по отношению к заданной ИСО. В этом случае фаза сигнала в точках наблюдения Z_1 и Z_2 будут изменяться по закону

$$\varphi_1(t) = \omega_0 t - \frac{\omega_0}{c}(z_1 + vt), \quad (3.5)$$

$$\varphi_2(t) = \omega_0 t - \frac{\omega_0}{c}(z_2 + vt). \quad (3.6)$$

Разность фаз между точками наблюдения при этом составит

$$\Delta\varphi_{1-2} = \frac{\omega_0 \Delta z}{c} = \frac{2\pi \Delta z}{\lambda_0}. \quad (3.7)$$

где $\lambda_0 = \frac{2\pi c}{\omega_0}$ - длина волны.

Разность фаз, определяемая соотношением (3.7) от скорости генератора не зависит. Это связано с тем, что скорость волны в выбранной системе отсчёта постоянна.

Частота же сигнала в указанных точках будет изменяться по закону

$$\omega_1 = \frac{\partial \varphi_1(t)}{\partial t} = \omega_0 \left(1 + \frac{v}{c} \right) \quad (3.8)$$

$$\omega_2 = \frac{\partial \varphi_2(t)}{\partial t} = \omega_0 \left(1 + \frac{v}{c} \right) \quad (3.9)$$

Видно, что в обеих точках наблюдения частота получила одинаковую доплеровскую добавку

$$\Delta \omega_D = \frac{\omega_0 v}{c}, \quad (3.10)$$

которая от расстояния до генератора не зависит.

Из СТО следуют другие выводы. Если выполняются преобразования Лоренца, то одновременно с изменением частоты, связанным с эффектом Доплера, должен изменяться и волновой вектор, а, следовательно, должна изменяться и длина волны, и, как следствие, должна соответствующим образом измениться и разность фаз между точками наблюдения. Эта разность фаз будет зависеть и от скорости генератора, и от расстояния между этими точками. Действительно, волновой вектор связан с частотой соотношением

$$k = \frac{\omega}{c}.$$

Подставляя сюда значение частоты из соотношения (3.8) или (3.9), получаем

$$k = \frac{\omega_0 \left(1 + \frac{v}{c} \right)}{c}.$$

Следовательно, разность фаз между точками наблюдения должна изменяться по закону

$$\Delta \varphi = \frac{\Delta z \omega_0 \left(1 + \frac{v}{c} \right)}{c}, \quad (3.11)$$

Из соотношения (3.11) следует, что разность фаз между точками наблюдения будет зависеть от расстояния между этими точками и от скорости генератора. В классическом же случае, как следует из соотношения (3.7), разность фаз между точками наблюдения от скорости генератора не зависит.

Поэтому задачей предлагаемого эксперимента является измерение разности фаз между точками наблюдения для случая движущегося генератора. Если окажется, что разность фаз не зависит от скорости движения генератора, это будет означать, что преобразования Лоренца для рассмотренного случая не выполняются.

Рассмотрим в рамках СТО случай, когда генератор осуществляет гармонические колебания вдоль оси Z по гармоническому закону с частотой Ω

$$z = z_1 + z_0 \sin \Omega t .$$

где z_1 - начальное положение генератора, z_0 - амплитуда его колебаний.

Тогда скорость колебаний генератора будет определяться соотношением

$$v(t) = \frac{\partial z}{\partial t} = z_0 \Omega \cos \Omega t = v_0 \cos \Omega t ,$$

где $v_0 = z_0 \Omega$ - амплитуда скорости.

В этом случае доплеровская добавка к частоте в обеих точках наблюдения будет изменяться по закону

$$\Delta \omega_D = \frac{\omega_0 z_0 \Omega \cos \Omega t}{c} ,$$

а добавка к волновому вектору определится соотношением

$$\Delta k(t) = \frac{\omega_0 z_0 \Omega \cos \Omega t}{c^2} .$$

Тогда разность фаз между точками наблюдения, вызванная этой добавкой, составит

$$\Delta\varphi(t) = \frac{\Delta z \omega_0 z_0 \Omega \cos \Omega t}{c^2}. \quad (3.12)$$

Этой зависимости разности фаз от времени соответствует частотно модулированный сигнал, частота которого будет меняться по закону

$$F(t) = \omega_0 \left(1 - \frac{\Delta z x_0 \Omega^2 \sin \Omega t}{c^2} \right) \quad (3.13)$$

т.е. в рамках СТО должен быть получен частотно-модулированный сигнал, частота которого изменяется по гармоничному закону и амплитуда девиации частоты M равна

$$M = \frac{\Delta z \omega_0 x_0 \Omega^2}{c^2}$$

Рассчитаем ожидаемые параметры сигнала, поступающего с фотодетектора, для рассмотренного случая. Для этого используем параметры интерферометра, описанного выше, на котором проводились исследования. Расстояния между зеркалами А и В составляло 250 мм, частота колебаний вибратора - 50 Гц, амплитуда колебаний зеркала равна 5 мм. При этих параметрах (в случае состоятельности СТО) амплитуда девиации частоты частотно-модулированного сигнала, который должен быть выделен на фотодетекторе, составит около 180 Гц. Такой сигнал легко поддаётся обнаружению и измерению.

Однако, при проведении эксперимента по схеме, представленной на рис. 5, интерференционная картинка не изменялась, как в случае неподвижного отражающего зеркала, так и в случае его колебаний и интерференционные полосы остались на своих местах, картинка лишь растягивалась по вертикали примерно на 50%. Это связано с тем, что ось колебаний отражающего зеркала слегка наклонена по отношению к отраженному лучу лазера. Особо чётко различались интерференционные полосы, когда они располагались вертикально. При включении вибратора они только удлинялись. Поскольку интерференционные полосы при включении вибрации зеркала не меняли своего положения и не двигались, то и сигнал на фотодетекторе отсутствовал. Поскольку в процессе эксперимента не был обнаружен частотно модулированный сигнала, снимаемый с фотодетектора, это означает, что связь между частотой и волновым вектором, определяемая

соотношениями (3.1) и (3.2) не выполняются, что противоречит СТО и ставит под сомнение преобразования Лоренца, которые являются её основой. Но даёт ли поставленный эксперимент ответ на вопрос о состоятельности постулата об инвариантности скорости света? По указанным выше причинам – не даёт. Это связано с тем, что во всех плечах интерферометра луч движется с одинаковой скоростью, определяемой диэлектрической проницаемостью воздуха.

Но возникает вопрос, можно ли рассмотренный интерферометр использовать для проверки постулата об инвариантности скорости света. Можно, если разместить интерферометр вакуумной камере, или в открытом космосе.

Рассмотрим этот вопрос на примере ленточной пилы (рис. 6)

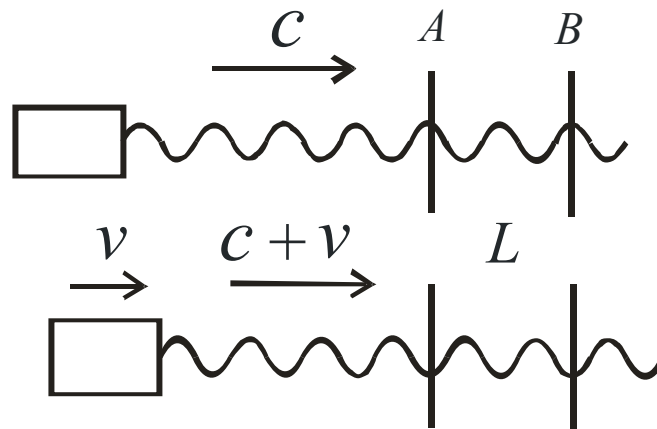


Рис. 6. Работа ленточной пилы

Из станка, обозначенного квадратом, со скоростью C выходит ленточная пила, зубья которой нарезаны в виде синусоиды. Если расстояние между

зубьями равно λ_0 , то частота выхода зубьев из станка равна $f_0 = \frac{C}{\lambda_0}$, где C

скорость движения ленты пилы. Между двумя линиями наблюдения, расположенными на расстоянии L при этом помещается количество зубьев,

равное $N = \frac{L}{\lambda_0}$, а скорость движения зубьев через линии наблюдения равна

C . Предположим, что станок начинает двигаться в сторону линий наблюдения со скоростью v . Вместе с ним будет двигаться и движущаяся пила. При этом скорость движения зубьев относительно линий наблюдения увеличится и станет равной $C + v$, но количество зубьев пилы между

линиями при этом останется прежним. Частота прохождения зубьев через линии наблюдения также увеличится и станет равной $f_v = \frac{c + v}{\lambda_0}$.

Допплеровская добавка к частоте прохождения зубьев через линии при этом составит $f_v - f_0 = \frac{v}{\lambda_0}$. Можно рассмотреть и другой случай, когда станок

остаётся неподвижным, а обе линии наблюдения двигаются в сторону станка со скоростью v . Ситуация будет та же, что и при движении станка в сторону линий. Следовательно, количество зубьев, находящихся между линиями наблюдения не зависит от скорости станка или наблюдателей.

Подобная ситуация имеет место на участке АВ в интерферометре, если справедливы преобразования Галилея. Только вместо зубьев пилы мы имеем дело с электромагнитной волной, генерируемой неподвижным или движущимся генератором.

При движении генератора со скоростью v в сторону отражающих зеркал, на всём участке АВ луч будет двигаться со скоростью $c + v$, в то время, как в остальных плечах интерферометра он будет двигаться со скоростью c . Если в процессе эксперимента будет обнаружено, что разность фаз на участке АВ не зависит от скорости генератора, это будет означать, что на этом участке длина волны также не зависит от скорости генератора. Но это будет означать, что доплеровская частота, фиксируемая в точках наблюдения, которая зависит от скорости генератора, не связана с длиной волны на этом участке.

Такой факт противоречит не только преобразованиям Лоренца, но и указывает на несостоятельность постулата об инвариантности скорости света, поскольку указывает на то, что скорость источника излучения складывается со скоростью света. Для определения скорости движущегося генератора следует определить длину волны λ_0 на участке АВ. Для этого одно из зеркал нужно сделать подвижным и его перемещение сопоставить с количеством полос, соответствующих этому перемещению. По измеренному значению длины волны следует определить частоту движущегося генератора

$f_0 = \frac{c}{\lambda_0}$. Затем нужно измерить частоту f_v в одной из точек наблюдения.

При этом скорость движущегося генератора определится из соотношения

$$v = (f_v - f_0)\lambda_0 \quad (3.14)$$

Движущийся генератор таким способом легко отличить от неподвижного, частота которого изменяется соответствующим образом. Для неподвижного генератора длина волны λ , измеренная между точками наблюдения и частота f , измеренная в точках наблюдения, будут связаны соотношением

$$\lambda f = c.$$

Предлагаемый метод может быть использован для целей пассивной радиолокации, что требует наличия высокого вакуума. Поэтому метод пассивной радиолокации может быть осуществлён только в космическом пространстве. При этом сам интерферометр должен быть вынесен за бортом летательного аппарата.

Результаты работы открывают путь для результативных экспериментов по проверки постулата СТО об инвариантности скорости света, которые до настоящего времени никто осуществить не смог. Однако на этом пути имеются определённые технические трудности. Сам интерферометр, или, по крайней мере, зеркала А и В, промежуток между ними и движущимся зеркалом, и само зеркало должны находиться в вакуумной камере. При этом дополнительный вклад в скорость света за счёт диэлектрической проницаемости среды камеры, определяемой остаточными газами в ней, должен быть значительно меньше, чем скорость движущегося зеркала.

Когда электромагнитная волна попадает в диэлектрик из вакуума, то её скорость распространения в нём становится равной $\frac{c}{n}$, где c - скорость света

в вакууме, а n - показатель преломления диэлектрика. Но замедление волны происходит не сразу, а на определённом участке. Это связано с тем, что падающая волна возбуждает колебания дипольных моментов в диэлектрике, которые переизлучают поля волны. В результате интерференции переизлучённых полей и полей волны образуется суммарная волна, которая и

распространяется в диэлектрике со скоростью $\frac{c}{n}$. Показатель преломления

тем больше, чем больше концентрация дипольных моментов, которые представляют атомы и молекулы диэлектрика. Этот процесс рассмотрен в работах [14,15]. При нормальном атмосферном давлении концентрация

молекул воздуха составляет $N = 2.7 \times 10^{25} \frac{1}{m^3}$. При этом расстояние, на

котором происходит замедления волны до скорости равной $\frac{c}{n}$, равно

примерно 1 мм. Для постановки экспериментов по проверке постулата об инвариантности скорости света необходимо, чтобы величина этого расстояния была значительно больше, чем расстояние между движущимся генератором и зеркалами и самими зеркалами в интерферометре. Поэтому давления 10^{-5} атмосферы вполне достаточно для проведения такого эксперимента. Эта задача при современном уровне вакуумной технике не является сложной.

4. Экспериментальная установка для проведения эксперимента по проверке постулата об инвариантности скорости света

На рис 7 представлена схема экспериментальной установки для проверки постулата об инвариантности скорости света.

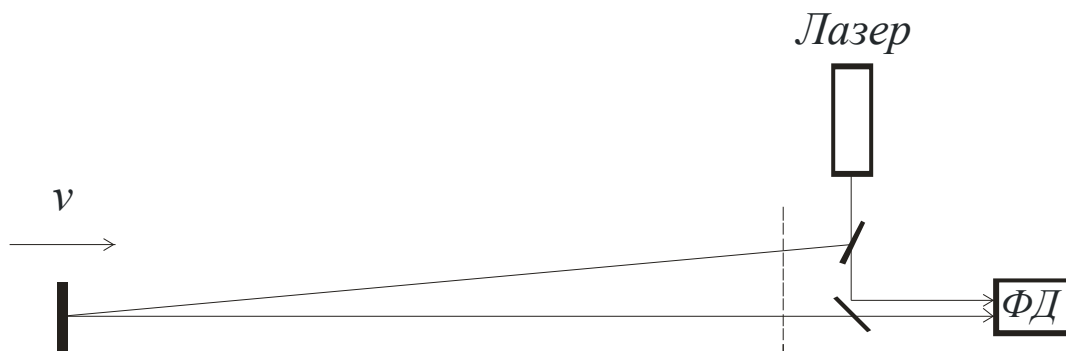


Рис. 7. Схема экспериментальной установки для проверки постулата об инвариантности скорости света.

Луч лазера, отраженный от верхнего делительного зеркала, попадает на отражательное зеркало, которое движется с фиксированной скоростью V . Будучи отраженным от этого зеркала и пройдя нижнее делительное зеркало, луч попадает на фотодетектор. Туда же попадает и вторая часть луча лазера, прошедшая через верхнее делительное зеркало и отражённая от нижнего делительного зеркала. При этом на фотодетекторе будет выделена доплеровская добавка f_D к частоте лазера, обусловленная движением

отражательного зеркала. Зная эту добавку и частоту лазера f_0 , находим $f_v = f_0 + f_D$. Полученные значения частот подставляем в формулу (3.14). Если полученное значение скорости совпадает с значением скорости, с которой движется отражательное зеркало, значит не выполняется постулат об инвариантности скорости света.

Определённую трудность этого эксперимента заключается в том, что движущееся отражательное зеркало и путь луча от этого зеркала до линии, обозначенной пунктиром, должен находиться в пределах вакуумной камеры. И чем длиннее этот путь, тем точнее результаты эксперимента. На линии, обозначенной пунктиром, должно быть установлено прозрачное окно, через которое прямой луч лазера и луч, отраженный от движущегося отражательного зеркала выходят за пределы камеры.

Если принять, что дополнительный вклад в скорость света за счёт диэлектрической проницаемости среды камеры, определяемой остаточными газами в ней, должен быть на порядок меньше, чем скорость движущегося зеркала, то требования на величину вакуума в камере не высоки. Относительный показатель преломления зависит от количества остаточных газов в камере и пропорционален разности относительного показателя преломления и единицы. Если принять скорость зеркала равной 1 м/с, то достаточно уменьшить давление в камере на шесть порядков, чтобы выполнить поставленное условие. Такой вакуум не проблема при современном уровне вакуумной техники.

Схема вакуумной камеры для проведения эксперимента показана на рис. 8. Справа к металлической трубе при помощи фланца и вакуумных прокладок прижато прозрачное окно. Диаметр трубы может составлять 30-50 мм. Длина трубы должна выбираться максимально возможной, допустимой помещением, где располагается установка. Слева к трубе присоединена камера, в которой располагается драйвер, обеспечивающий линейное перемещение отражающего зеркала. На рисунке не показан вакуумный разъём, через который вводятся провода питания и управления драйвером, а также патрубков, при помощи которого камера подсоединена к вакуумному насосу.

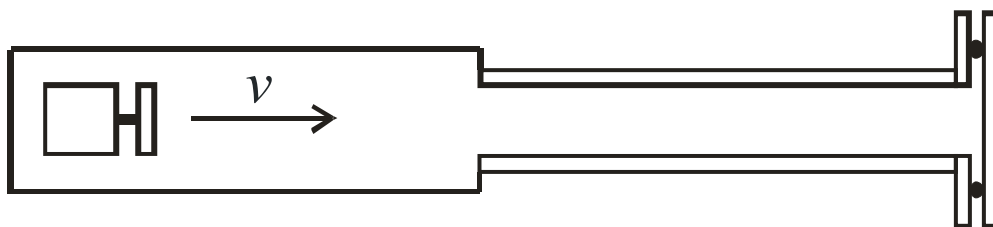


Рис.8. Схема вакуумной камеры

Особых сложностей изготовление такой камеры не представляет, поэтому предлагаемый эксперимент по проверке постулата об инвариантности скорости света может быть проведен в любой лаборатории, имеющей вакуумное оборудование.

5. Заключение

Эмпирической основой принципа инвариантности скорости света СТО принято считать класс физических экспериментов, использующих интерферометр Майкельсона и называемых опытами Майкельсона. Однако до последнего времени оставался открытым вопрос о том, объясняются ли результаты этих опытов указанным принципам или же какими-то другими причинами. Это обуславливало актуальность совершенствования средств и методов соответствующих проверок в направлении повышения чистоты эксперимента, то есть устранения других возможных причин объяснения.

С этой целью авторами разработан новый тип интерферометра с механическим делением луча лазера и предложен метод проверки СТО с помощью такого интерферометра. Если бы вслед за опытами Майкельсона предложенный метод опять подтвердил СТО, то можно было бы и дальше совершенствовать средства и методы проверок, но при этом следовало бы признать ещё большую степень экспериментального подтверждения данной теории. Однако результаты проведённого эксперимента показали ошибочность преобразований Лоренца, являющихся основой СТО. Следовательно, СТО не верна, в чём может убедиться любая лаборатория мира, повторив наш простой эксперимент. А ведь это означает начало заката целой эры в истории физики – эры, упразднившей для высоких скоростей движения преобразования Галилея при переходе из одной ИСО в другую и заменившей их преобразованиями Лоренца. Проведённый эксперимент показал несостоятельность такой замены.

В работе также показано, какие ошибки совершали ранее экспериментаторы пытаясь доказать состоятельность постулата СТО об инвариантности скорости света. Намечен путь преодоления указанных ошибок с помощью разработанного интерферометра.

Новой идеологии электродинамики и всей физики, предполагающей фундаментальную роль преобразований Галилея, посвящена монография авторов статьи [16], где в рамках представлений о неинвариантности теоремы Гаусса для электрического поля движущегося заряда вводится новое понятие скалярно-векторного потенциала, а также предлагаются новые преобразования полей, связанные с преобразованиями координат Галилея. Ещё Максвелл использовал преобразования Галилея при построении электродинамики. Однако в то время ещё не была выяснена фундаментальная роль преобразований Галилея, как связующего начала между пространством и временем, и эти преобразования пренебрежительно ставились как бы особняком по отношению к «настоящим» преобразованиям пространства и времени. А ведь именно фундаментальная роль преобразований Галилея предопределяет существование эффектов, которые принято называть релятивистскими, но которые, как оказалось, не имеют к преобразованиям Лоренца никакого отношения.

Авторы надеются, что появление их монографии [16] в совокупности с представленными экспериментальными результатами побудят исследователей к давно назревавшему революционному пересмотру фундаментальных физических представлений.

Важное техническое приложение результата данной работы относится к пассивной радиолокации. В СТО принципиально невозможно отличить изменение частоты, создаваемое неподвижным генератором, от такого же изменения частоты, вызванного эффектом Доплера. Теперь же изменение частоты приходящего сигнала в совокупности с неизменностью разности фаз между точками наблюдения в интерферометре должно однозначно свидетельствовать об эффекте Доплера, а в совокупности с изменением разности фаз между этими точками - об изменении частоты неподвижного генератора.

Авторы по доступной им литературе не обнаружили аналогов рассмотренного интерферометра и поэтому присваивают созданной ими конструкции наименование, указанное в названии статьи.

Благодарности

Авторы выражают большую благодарность Валерию Александровичу Невольниченко за помощь в изготовлении интерферометра.

Литература

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.
2. Лансберг Г. С. Оптика. Учеб. Пособие. Для вузов. – 6-е изд. Стерiotип. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003, - 848 с.
3. Petr Beckmann, Peter Mendics. Test of the Constancy of the Velocity of Electromagnetic Radiation in Righ Vacuum. RADIO SCIENCE Journal of Research NBS/USNC-URSI Vo!' 69D, No.4, April 1965.
4. De-Sitter W. Ein astronomischer Beweis fur die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit // Physikalisch Zeitschrift.-1913. B.14. S.429; S. 1267-1268.
5. Majorana Q. Experimental demonstration of the constancy of velocity of light emitted by a moving source // Lincei Rendues. 1918, v.27, pp. 402 - 406; Physical Review. 1918. v. 11, pp. 411 - 420; Philosophical Magazine. 1919, v. 37, pp. 145 - 150.
6. Wallace Kantor . Direct First-Order Experiment on the Propagation of Light from a Moving Source . Journal of the Optical Society of America, 1962, v.52, Issue 9, pp. 978-984.
7. Ray O. Waddoups, W. Farrell Edwards, and John J. Merrill. Experimental Investigation of the Second Postulate of Special Relativity. Journal of the Optical Society of America, 1965, v.55, Issue 2, pp. 142-143.
8. Farley F., Kjellman J., Wallin J. Test of the second postulate relativity in the GeV region, Physical Letters, 1964, v. 12, No. 3, pp. 260 -262.
9. Fillipas T. A., Fox J. G. Velocity of gamma rays from a moving source, Physical Review. 1964, v. 135, pp. 1071 - 1075.

10. Babcock G. C., Bergman T. G. Determination of the constancy of the speed of light // Journal of Optical Society of America. - 1964. - v. 54. No. 2. – p. 147 - 151.

11. Fox J. G. Experimental Evidence for the Second Postulate of Special Relativity. American Journal of Physics, 1962 v. 30, pp. 297.

12. Экспериментальные основания теории относительности. С. И. Вавилов. Собрание сочинений. Т. 4. — М.: Изд-во АН СССР, 1956.

13. Гинзбург В. Л. Как и кто создал теорию относительности? в Эйнштейновский сборник, 1966. - М.: Наука, 1966. - с. 366-378. - 375 с.

14. M. Born and E. Wolf, Principles of Optics (Pergamon Press, New York, 1959), p. 70..

15. L. Rosenfeld, Theory of Electrons (Interscience Publishers, Inc., New York, 1959), p. 107.

16. Менде Ф. Ф. Дубровин А. С. Альтернативная идеология электродинамики. Монография. М.: Перо, 2016. – 198 с.