ОПТИКА

Ф.Ф. МЕНДЕ,
доктор техн. наук, директор
E-mail: fedormende@gmail.com
НИИ Криогенного приборостроения
Физико-технический институт низких температур им Б.И. Веркина НАН Украины
Харьков, Украина
А.С. ДУБРОВИН,
доктор техн. наук, акад. РАЕН, профессор
E-mail: asd_kiziltash@mail.ru
ФКОУ ВПО Воронежский институт ФСИН России
г. Воронеж, Российская Федерация

ИНТЕРФЕРОМЕТР МЕНДЕ–ДУБРОВИНА: ОТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРОВЕРЖЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ЛОРЕНЦА К НОВЫМ ПЕРСПЕКТИВАМ КОСМИЧЕСКОЙ ПАССИВНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ

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.

F.F. MENDE,
Doctor of Techn. Sciences, Director
Research institute for cryogenic instrument engineering B.I. Verkin Institute for Low Temperature Physics and Engineering NAS Ukraine
Kharkov, Ukraine
E-mail: fedormende@gmail.com
A.S. DUBROVIN,
Doctor of Techn. Sciences, Professor
E-mail: asd_kiziltash@mail.ru
FKOU VPO Voronezh Institute of Russian Federal Penitentiary Service
Voronezh, Russian Federation

MENDE-DUBROVIN INTERFEROMETER: FROM EXPERIMENTAL REFUTATION OF LORENTZ TRANSFORMATIONS TO NEW PERSPECTIVES OF SPACE PASSIVE RADAR

A new type of interferometer has been developed that uses the principle of mechanical beam division. Using it, the inconsistency of the Lorentz transformations has been proved experimentally. A technique for testing the postulate of the special theory of relativity on the invariance of the speed of light is developed. It is shown that such an interferometer can be used for the purposes of passive space radar.

Key words: special theory of relativity, interference, laser, Michelson interferometer, Doppler effect, law of Snel, radar.

1. Введение

Интерферометр Майкельсона был изобретен 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 провел 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 еще 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 чем заключалась ошибка Майкельсона, рассмотрим принцип работы его интерферометра [2], схема которого приведена на рисунке 1.

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

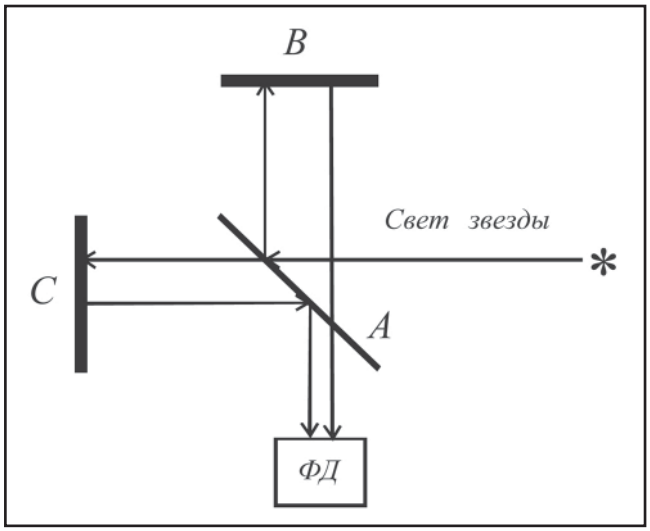

Рис. 1. Схема интерферометра Майкельсона

Вторая часть ЭМ волны, пришедшей от звезды, проходя через делительное зеркало *A*, также попадает на отражательное зеркало *C*. 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 нем нанесен на стекло определенной 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 рисунке 2.

Луч света падает на стеклянную пластинку со стороны, на которой нанесено полупрозрачное покрытие и далее, преломляясь дважды, выходит из нее в том же направлении. При обратном движении луча его траектория остается неизменной меняется лишь направление его движения. При этом луч движется в соответствии с законом Снелиуса [2], резко меняя свое 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 отсчета интерферометра, то после прохождения волны через пластинку ее скорость будет равна скорости света в системе его отсчета. Поэтому при помощи интерферометра Майкельсона нельзя измерить скорость ЭМ волны до ее попадания на делительное зеркало. Майкельсон не учел эти обстоятельства, в чем и состояла его ошибка.

Впоследствии были изобретены различные модификации интерферометра Майкельсона [2], такие как интерферометр Жамена, Рождественского, Фабри-Перо и другие приборы с многократно разделенными световыми пучками. Но во всех этих приборах для деления, разделения и отражения световых лучей

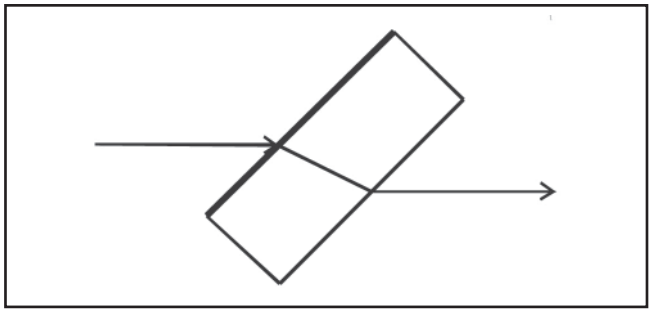

Рис. 2. Распространение луча света через стеклянную пластинку

используются полупрозрачные или отражающие слои металлов, нанесенные 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 приходящей извне ЭМ волны. Поэтому необходима разработка интерферометра принципиально нового типа, лишенного этих недостатков.

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

Явление фазовой аберрации света заключается в том, что при астрономических наблюдениях такая аберрация приводит к изменению наблюдаемого положения звезд на небесной сфере вследствие изменения направления скорости движения Земли. В астрономии используют систему отсчета, связанную с Солнечной системой, поскольку ее с высокой точностью можно считать инерциальной. Звездные атласы составлены именно в ней. Суточная аберрация мала, и даже угол годичной аберрации не велик; наибольшая его величина, при том условии, что движение Земли перпендикулярно направлению луча, составляет всего около 20,5 с. Звезда, находящаяся в полюсе эклиптики, лучи которой перпендикулярны плоскости земной орбиты в системе отсчета Солнца, будет в течение всего года наблюдаться отстоящей от своего истинного положения на 20,5 с, т.е. описывать

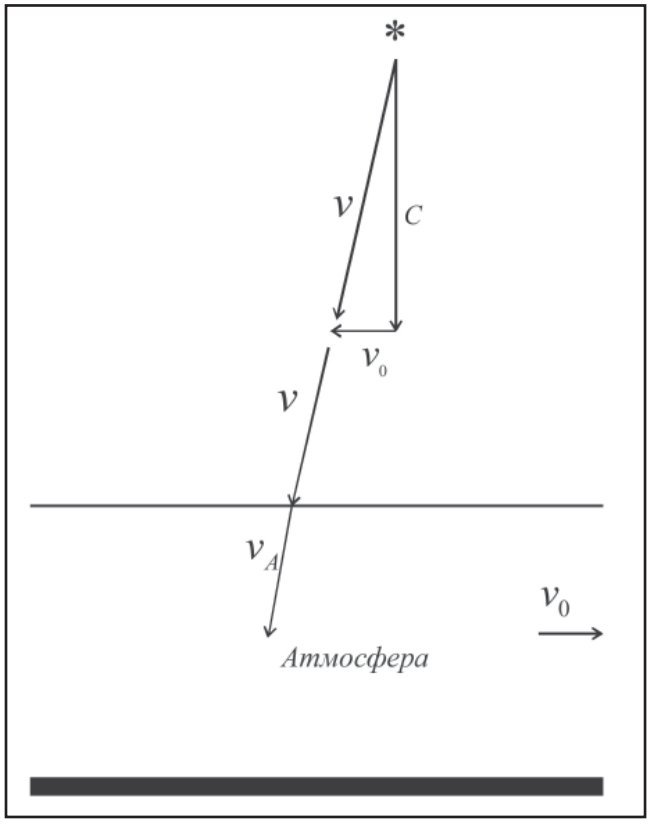

Рис. 3. Схема аберрации света звезды

окружность диаметром 41 с. Этот кажущийся путь для прочих звезд уже будет представлять не окружность, а эллипс. Большая полуось этого эллипса равна 20,5″, а малая полуось равна 20,5″sinβ, где β – эклиптическая широта наблюдаемого небесного светила. Если звезда находится на самой эклиптике, то ее годовое движение, вследствие световой аберрации, представится видимым отрезком прямой линии, являющимся дугой эклиптики на небесной сфере, и по этому отрезку звезда идет то в одну сторону, то в другую. Но аберрация света прямым образом указывает на сложение скорости света со скоростью Земли. Рассмотрим этот вопрос подробнее.

На рисунке 3 изображена схема аберрации света звезды, когда она находится в полюсе эклиптики и ее лучи перпендикулярны плоскости земной орбиты. В системе отсчета звезды ее луч двигается со скоростью света *c* вертикально по отношению к земной поверхности. Если Земля двигается, как показано на рисунке вправо со скоростью v_0, то сложение вектора скорости луча звезды и скорости Земли в системе отсчета 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.

В данном случае суммарный вектор скорости луча уже не вертикален земной поверхности, а его угол наклона равен углу аберрации, тангенс которого определяется как отношению скорости Земли к скорости света. Продолжая свое 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

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

Для малых углов $\mathrm{tg}\alpha \approx \alpha$, $\alpha = v/c$, 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 рисунке 4.

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 пережнем направлении с прежней скоростью и, 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 *C* – 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 нем 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 рисунке 5. На этой схеме луч лазера имеет диаметр, который равен расстоянию между линиями, выходящими из лазера.

Опишем параметры исследуемого интерферометра и способ его настройки.

Интерферометр смонтирован на монтажной плите размером 75×300×1200 мм и имеет следующие параметры: расстояние между наконечником

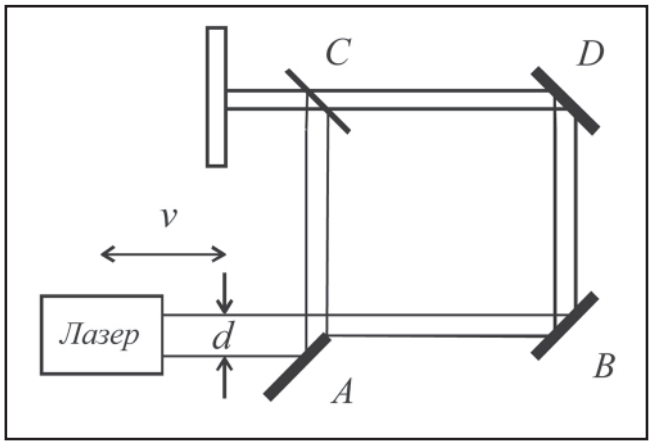

Рис. 4. Схема интерферометра с механическим делением луча лазера

лазера и зеркалом *B* – 200 мм, расстояние между зеркалами *A* и *B*, а также *D* и *C* 250 мм, расстояние между зеркалами *A* и *D*, а также *B* и *C* – 200 мм. Расстояние от наконечника лазера до отражающего зеркала –1400 мм.

В интерферометре в качестве лазера используется лазер с зеленым 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 *A* и *B* 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 75×300×650 мм. Эта плита устанавливается на отдельном столе. Кроме этого вибратор находится в коробе, внутри которого имеется футеровка из поролона, 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 попадал на экран на наконечнике лазера. При этом расстояние от отражения луча на экране до отверстия в нем должно составлять порядка 2…4 мм параллельном плоскости платформы направлении. Затем зеркала *A* и *B* устанавливаются под углом 45 градусов по отношению к направлению отраженного луча. Далее зеркало *B* выдвигается по направлению к лучу таким образом, чтобы оно полностью перекрыло отраженный луч, но не перекрывало прямой. После этого выдвигается зеркала *A*. Оно выдвигается до тех пор, пока интенсивности лучей, отраженных от зеркал *A* и *D* будет равны. Далее, юстируя зеркала *D* и *C*, добиваются сведения лучей на экране, расположенного по ходу лучей. Для увеличения интерференционной картинки 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 ученых. Основой СТО являются преобразования Лоренца. Если инерциальная система отсчета *K* движется по отношению к ИСО *K′* со скоростью *v*, то формулы преобразования частоты и волнового вектора, определяемые преобразованиями Лоренца, запишутся:

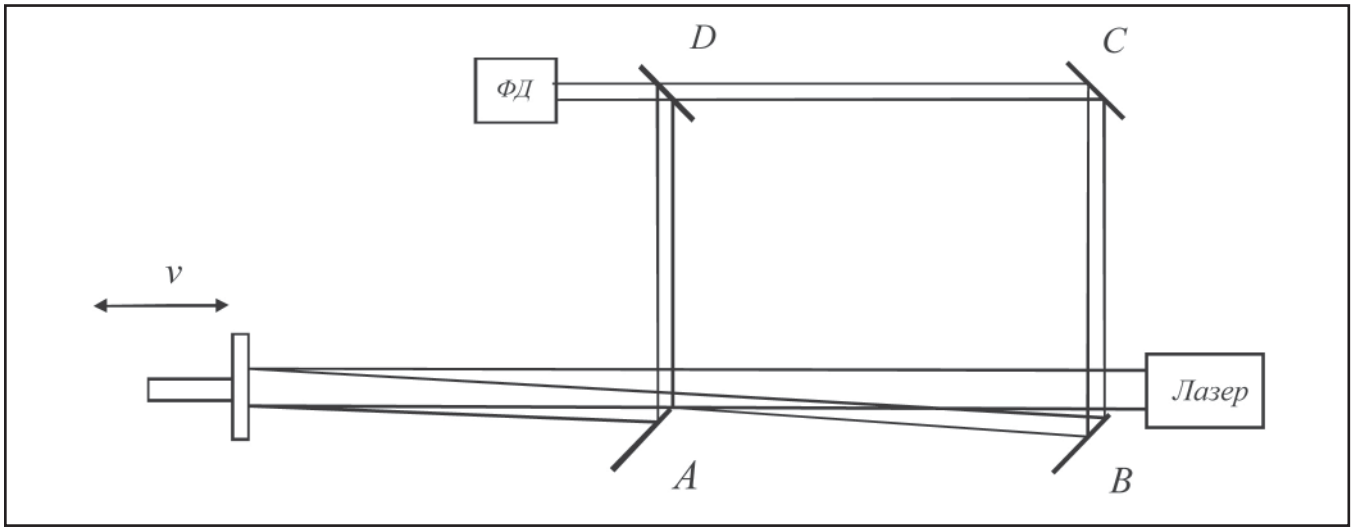

Рис. 5. Схема интерферометра с отражательным зеркалом

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

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

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 ее частота, и волновой вектор в соответствии с приведенными соотношениями. Но эти изменения происходят таким образом, что отношение частоты к волновому вектору в обеих системах остается 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 ее 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 раны:

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

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

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 измениться. 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 измениться 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

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

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

Разность фаз между точками наблюдения при этом составит

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

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 отсчета постоянна.

Частота же сигнала в указанных точках будет изменяться по закону

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

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

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 этим 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 $v_0 = z\Omega$ – амплитуда скорости.

В этом случае доплеровкая 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 A и B 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 поддается обнаружению и измерению.

Однако, при проведении эксперимента по схеме, представленной на рисунке 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 четко 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 ее основой. Но дает ли поставленный эксперимент ответ на вопрос о состоятельности постулата об инвариантности скорости света? По указанным выше причинам – не дает. 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 размесить интерферометр вакуумной камере, или в открытом космосе.

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

Из станка, обозначенного квадратом, со скоростью с 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 остается 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 AB 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 vв сторону отражающих зеркал, на всем участке AB 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 AB. 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

$$v = (f_v - f_0)\lambda_0. \qquad (3.14)$$

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

$\lambda f = c$.

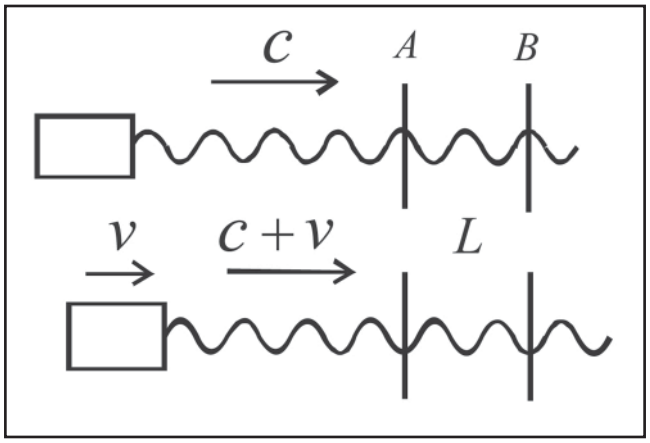

Рис.6. Работа ленточной пилы

Предлагаемый метод может быть использован для целей пассивной радиолокации, что требует наличия высокого вакуума. Поэтому метод пассивной радиолокации может быть осуществлен 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 определенные технические трудности. Сам интерферометр, или, по крайней мере, зеркала А и В, промежуток между ними и движущимся зеркалом, и само зеркало должны находится в вакуумной камере. При этом дополнительный вклад в скорость света за счет 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 ее скорость распространения в нем становится раной $\frac{c}{n}$, где c – скорость света в вакууме, а n – показатель преломления диэлектрика. Но замедление волны происходит не сразу, а на определенном участке. Это связано с тем, что падающая волна возбуждает колебания дипольных моментов в диэлектрике, которые переизлучают поля волны. В результате интерференции переизлученных 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 рисунке 7 представлена 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 отраженная 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.

Определенную 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 счет 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

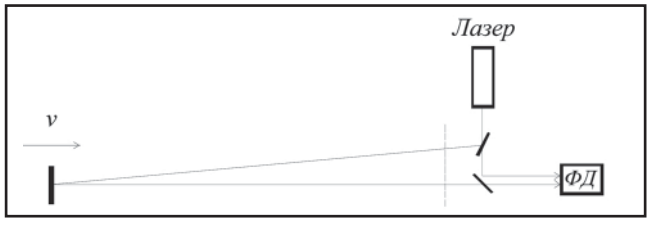

Рис. 7. Схема экспериментальной установки для проверки постулата об инвариантности скорости света

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 рисунке 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 разъем, через который вводятся провода питания и управления драйвером, а также патрубок, при помощи которого камера подсоединена к вакуумному насосу.

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 обусловливало 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 еще большую степень экспериментального подтверждения данной теории. Однако результаты проведенного эксперимента показали ошибочность преобразований Лоренца, являющихся основой СТО. Следовательно, СТО не верна, в чем 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

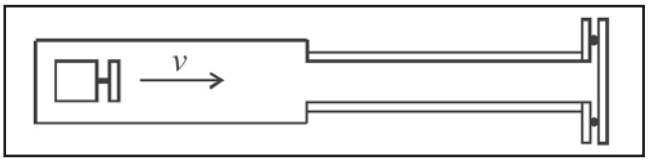

Рис. 8. Схема вакуумной камеры

одной ИСО в другую и заменившей их преобразованиями Лоренца. Проведенный эксперимент показал несостоятельность такой замены.

В работе также показано, какие ошибки совершали ранее эксперимеататоры пытаясь доказать состоятельность постулата СТО об инвариантности скорости света. Намечен путь преодоление 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 не инвариантности теоремы Гаусса для электрического поля движущегося заряда вводится новое понятие скалярно-векторного потенциала, а также предлагаются новые преобразования полей, связанные с преобразованиями координат Галилея. Еще Максвелл использовал преобразования Галилея при построении электродинамики. Однако в то время еще 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 отдельно пространства и отдельно 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.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES)

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. Pp. 120…129.
2. Лансберг Г.С. Оптика. Учеб. Пособие. Для вузов. 6-е изд. Стереотип. М.: Физматлит, 2003, 848 с. [Lansberg G.S. *Optics. Textbook. Allowance. For universities. 6th ed. Stereotype*. Moscow: Publishing House «Fizmatlit», 2003, 848 p.] (in Russian).
3. Beckmann P., Mendics P. Test of the Constancy of the Velocity of Electromagnetic Radiation in Rig h Vacuum. *RADIO SCIENCE Journal of Research NBS/USNC-URSI.* April 1965. Vo!' 69D, No. 4.
4. De-Sitter W. Ein astronomischer Beweis fur die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit. *Physikalisch Zeitschrift*. 1913. Vol. 14. 429 p.; Pp. 1267…1268.
5. Majorana Q. Experimental demonstration of the constancy of velocity of light emitted by a moving source. *Lincei Rendues*. 1918. Vol. 27. Pp. 402…406; *Physical Review.* 1918. Vol. 11. Pp. 411…420; *Philosophical Magazine*. 1919. Vol. 37. Pp. 145…150.
6. Kantor W. Direct First-Order Experiment on the Propagation of Light from a Moving Source. *Journal of the Optical Society of America*. 1962. Vol. 52. Iss. 9. Pp. 978…984.
7. Waddoups R.O., Edwards W.F., Merrill J.J. Experimental Investigation of the Second Postulate of Special Relativity. *Journal of the Optical Society of America*. 1965. Vol. 55. Iss. 2. Pp. 142…143.
8. Farley F., Kjellman J., Wallin J. Test of the second postulate relativity in the GeV region. *Physical Letters*. 1964. Vol. 12. No. 3. Pp. 260…262.
9. Fillipas T.A., Fox J.G. Velocity of gamma rays from a moving source. *Physical Review*. 1964. Vol. 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. Vol. 54. No. 2. Pp. 147…151.
11. Fox J.G. Experimental Evidence for the Second Postulate of Special Relativity. *American Journal of Physics*. 1962. Vol. 30. P. 297.
12. Вавилов С.И. Экспериментальные основания теории относительности. Собрание сочинений. Т. 4. М.: Изд-во АН СССР, 1956 [Vavilov S.I. *Experimental foundations of the theory of relativity.* Collected works. Vol. 4. Moscow: Publishing House AS USSR, 1956] (in Russian).
13. Гинзбург В.Л. Как и кто создал теорию относительности? Эйнштейновский сборник. 1966. М.: Наука, 1966. С. 366…378 [Ginzburg V.L. How and who created the theory of relativity? Einstein's collection. 1966. Moscow: Publishing House «Sciences», 1966. Pp. 366…378] (in Russian).
14. Born M., Wolf E. *Principles of Optics.* Pergamon Press. New York. 1959. 70 p.
15. Rosenfeld L. *Theory of Electrons*. Interscience Publishers, Inc., New York, 1959, 107 p.
16. Менде Ф.Ф., Дубровин А.С. Альтернативная идеология электродинамики. М.: Перо, 2016. 198 с. [Mende F.F., Dubrovin A.S. *Alternative ideology of electrodynamics*. Moscow: Publishing House «Pero», 2016. 198 p.] (in Russian).

Сведения об авторах

Менде Федор Федорович, *доктор техн. наук, директор*
E-mail: mende_fedor@mail.ru
НИИ Криогенного приборостроения Физико-технический институт низких температур им. Б.И. Веркина НАН Украины
61103, Украина, Харьков, пр. Ленина, 47
Дубровин Анатолий Станиславович, *доктор техн. наук, акад. Российской Академии Естествознания, профессор кафедры информационной безопасности телекоммуникационных систем факультета внебюджетного образования ФКОУ ВПО Воронежский институт ФСИН России*
394072, г. Воронеж, Российская Федерация, ул. Иркутская 1-а
E-mail: asd_kiziltash@mail.ru

Information about author

Mende Fedor F.*, Doctor of Techn. Sciences, Director*
E-mail: mende_fedor@mail.ru
Research institute for cryogenic instrument engineering B.I. Verkin Institute for Low Temperature Physics and Engineering NAS Ukraine
61103, Kharkov, Ukraine, Lenin Ave., 47
Dubrovin Anatoliy S., *Doctor of Techn. Sciences, Professor*
FKOU VPO Voronezh Institute of Russian Federal Penitentiary Service
394072, Voronezh, Russian Federation, Irkutskaya str., 1-a
E-mail: asd_kiziltash@mail.ru