

Объяснение результатов опытов Майкельсона с помощью классической механики

Кочетков Виктор Николаевич
главный специалист ФГУП «Центр эксплуатации
объектов наземной космической инфраструктуры»
(ФГУП «ЦЭНКИ»)

vnkochetkov@gmail.com
vnkochetkov@rambler.ru
<http://www.matphysics.ru>

PACS number: 03.30.+p

Содержание

1. Введение (2).
 2. Зависимость разности длин ΔL от направления вектора скорости движения эфира (5).
 3. Механический аналог интерферометра Майкельсона (9).
 4. Использование законов сохранения импульса и энергии для объяснения результатов опытов Майкельсона (14).
 5. Заключение (16).
- Список литературы (16).

1. Введение

С целью подтверждения гипотезы эфира А.А. Майкельсон [1], [2], [3], [4], [5], [6] предложил не прямое измерение скорости света в неподвижном эфире, а определение отношения величин скорости света в двух взаимно перпендикулярных направлениях в системе отсчета, движущейся относительно неподвижного эфира.

Предложенный А.А. Майкельсоном метод проведения опыта [7], использующего явление интерференции света, должен был позволить зарегистрировать движение Земли относительно неподвижного эфира, если бы свет распространялся в эфире.

Для проведения опытов А.А. Майкельсон применял интерферометр, принципиальная схема работы которого изображена на рис.1.

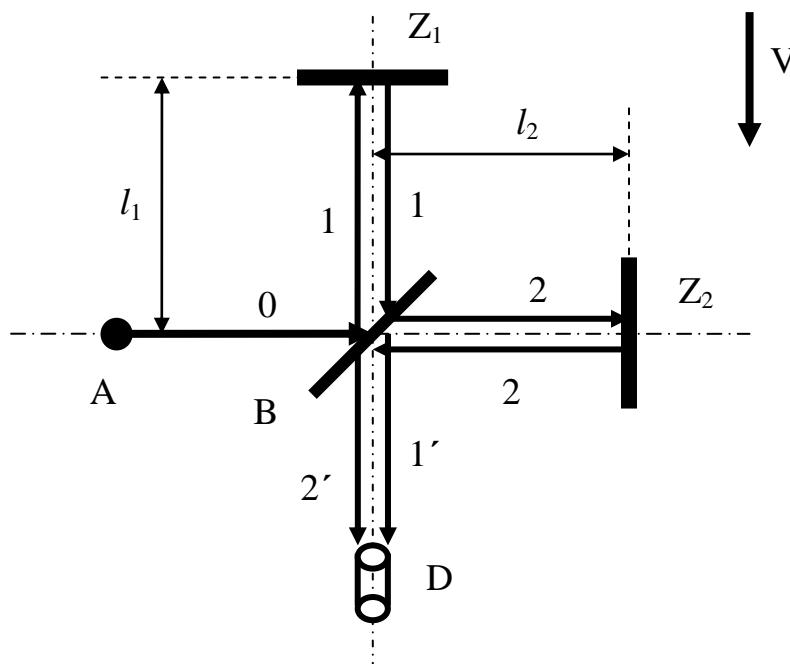


Рис.1

Луч 0 монохроматического света [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14] от источника А попадает под углом 45° на плоскопараллельную стеклянную пластинку В (задняя поверхность которой покрыта тонким полупрозрачным слоем серебра), при этом часть этого света отражается от пластинки В (луч 1), а часть – проходит сквозь

пластинку В (луч 2).

Затем луч 1 отражается от плоского зеркала Z_1 , частично проходит сквозь пластинку В и в виде луча 1' попадает в телескоп D.

А луч 2 (проходя через компенсационную пластинку, непоказанную на рис.1) отражается от плоского зеркала Z_2 , возвращается к пластинке В, частично отражается от посеребренной поверхности пластинки В и также в виде луча 2' попадает в телескоп D.

Таким образом, в телескопе D встречаются две части (лучи 1' и 2') одного и того же луча 0 света от источника А.

Так как лучи 1' и 2' когерентны, то в телескопе D можно наблюдать интерференционную картину (светлые и темные полосы).

Интерференционная картина в телескопе D должна меняться при изменении интервалов времени прохождения луча 1 пути В - Z_1 - В (от пластинки В к пластинке В через зеркало Z_1) и луча 2 пути В - Z_2 - В (от пластинки В к пластинке В через зеркало Z_2).

Все оптические части интерферометра Майкельсона (источник света А, пластинка В, зеркала Z_1 и Z_2 и телескоп D) жестко закреплены на крестообразной металлической раме [1], [2], [3].

Используя предположение о постоянстве скорости света в неподвижном эфире, авторы работ [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [13], [14] предложили считать, что для случая, когда вектор скорости V движения эфира относительно интерферометра Майкельсона параллелен прямой, соединяющей пластинку В с зеркалом Z_1 , и направлен в сторону противоположную зеркалу Z_1 :

- длина L_1 пути В - Z_1 - В луча 1 в системе отсчета, в которой эфир неподвижен, равна:

$$L_1 = c \cdot t_1 = c \cdot t_{11} + c \cdot t_{12} = \frac{l_1 \cdot c}{c - V} + \frac{l_1 \cdot c}{c + V} = \frac{2l_1}{1 - \left(\frac{V^2}{c^2}\right)} \quad (1)$$

где, как показано на рис.2:

c – скорость света в вакууме,

t_1 – время движения фотона луча 1 по пути В - Z₁ - В,

t_{11} – время движения фотона луча 1 по пути В - Z₁,

t_{12} – время движения фотона луча 1 по пути Z₁ - В,

l_1 – длина пути В - Z₁ (или длина пути Z₁ - В) луча 1 в системе отсчета, в которой интерферометр Майкельсона неподвижен,

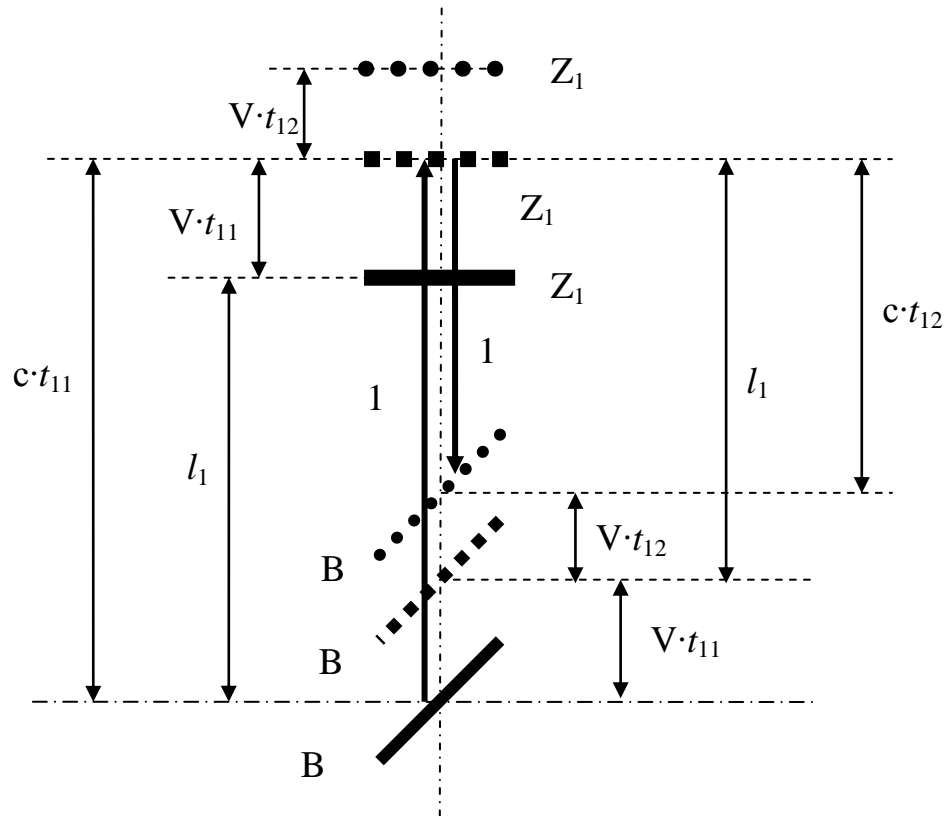


Рис.2

- длина L_2 пути В - Z₂ - В луча 2 в системе отсчета, в которой эфир неподвижен, равна:

$$L_2 = c \cdot t_2 = c \cdot t_{21} + c \cdot t_{22} = \frac{2l_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{V^2}{c^2}\right)}} \quad (2)$$

где, как показано на рис.3:

t_2 – время движения фотона луча 2 по пути В - Z₂ - В,

t_{21} – время движения фотона луча 2 по пути В - Z₂,

t_{22} – время движения фотона луча 2 по пути Z₂ - В,

l_2 – длина пути В - Z₂ (или длина пути Z₂ - В) луча 2 в системе

отсчета, в которой интерферометр Майкельсона неподвижен.

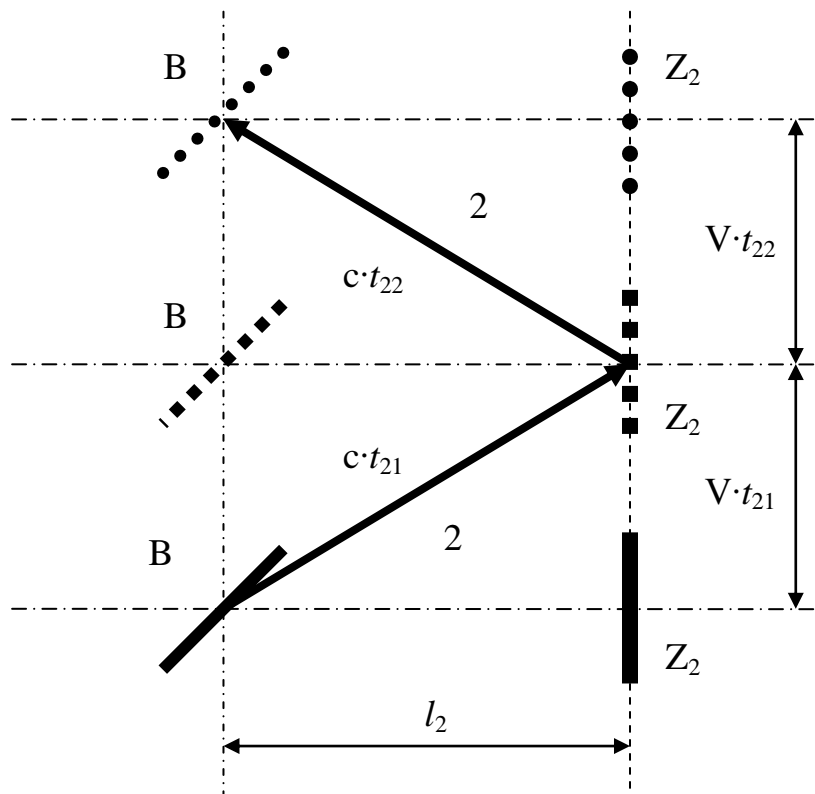


Рис.3

Из формул (1) и (2) следует, что для частного случая, когда вектор скорости V движения эфира относительно интерферометра Майкельсона параллелен прямой, соединяющей пластинку B с зеркалом Z_1 , и направлен в сторону противоположную зеркалу Z_1 , разность ΔL длин L_1 и L_2 равна:

$$\Delta L = L_1 - L_2 = \frac{2l_1}{1 - \left(\frac{V^2}{c^2}\right)} - \frac{2l_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{V^2}{c^2}\right)}} \quad (3)$$

2. Зависимость разности длин ΔL от направления вектора скорости движения эфира

Сделаем предположения, что:

- эфир (однородная и изотропная окружающая среда) движется с постоянной по величине и направлению скоростью V относительно интерферометра Майкельсона;

- свет распространяется в неподвижном эфире со скоростью C ;
- эфир не взаимодействует с конструктивными элементами интерферометра Майкельсона;
- свет от источника A , движущийся в интерферометре Майкельсона, не взаимодействует с его конструктивными элементами (зеркалами, пластинками, телескопом), т.е. свет не оказывает на конструктивные элементы интерферометра никакого внешнего воздействия (хотя свет может отражаться от них или проходить через них);
- системы отсчета, в которых интерферометр Майкельсона и эфир неподвижны, - инерциальные.

Предположение о том, свет не взаимодействует с конструктивными элементами интерферометра Майкельсона, может включать в себя следующее:

- отражение лучей света от зеркал Z_1 и Z_2 и пластинки B носит мгновенный характер;
- при движении лучей света внутри пластинки B не происходит взаимодействия между лучами света и пластикой B (аналогично и для компенсационной пластинки);
- отсутствуют смещения у конструктивных элементов интерферометра Майкельсона (относительно их положения при отсутствии воздействия света) под воздействием лучей света в системе отсчета, в которой интерферометр Майкельсона неподвижен;
- отсутствуют деформации у конструктивных элементов интерферометра Майкельсона (в первую очередь у зеркал и пластинки) под воздействием (давлением) лучей света;
- отсутствуют изменения частоты света при взаимодействии лучей света с конструктивными элементами интерферометра Майкельсона;
- при взаимодействии конструктивных элементов интерферометра Майкельсона с лучами света не происходит изменение величин импульсов света и интерферометра Майкельсона, как единого целого;

- при взаимодействии конструктивных элементов интерферометра Майкельсона с лучами света не происходят изменения характеристик эфира внутри пространства, ограниченного потоками света – его лучами;

- постоянство (по времени) длин путей $B - Z_1$ и $Z_1 - B$ луча 1 и путей $B - Z_2$ и $Z_2 - B$ луча 2 при движении этих лучей света в интерферометре Майкельсона при неизменности его ориентации в пространстве.

Используя выше перечисленные предположения, для случая, когда вектор скорости движения V эфира относительно интерферометра Майкельсона находится под углом α к вектору, соединяющему точки на зеркале Z_1 и пластинке B , от которых отражается луч 1 при движении от источника A , можно получить, что:

- длина L_1 пути $B - Z_1 - B$ луча 1 в системе отсчета, в которой эфир неподвижен, равна:

$$\begin{aligned}
 L_1 &= c \cdot t_1 = c \cdot t_{11} + c \cdot t_{12} = \\
 &= \left\{ \left[\frac{l_1}{1 - \left(\frac{V^2}{c^2}\right)} \right] \cdot \left[\left(\frac{V \cdot \cos\alpha}{c}\right) + \sqrt{1 - \left(\frac{V^2 \cdot \sin^2\alpha}{c^2}\right)} \right] \right\} \\
 &+ \left\{ \left[\frac{l_1}{1 - \left(\frac{V^2}{c^2}\right)} \right] \cdot \left[-\left(\frac{V \cdot \cos\alpha}{c}\right) + \sqrt{1 - \left(\frac{V^2 \cdot \sin^2\alpha}{c^2}\right)} \right] \right\} = \\
 &= \left[\frac{2l_1}{1 - \left(\frac{V^2}{c^2}\right)} \right] \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{V^2 \cdot \sin^2\alpha}{c^2}\right)} \quad (4)
 \end{aligned}$$

где, как показано на рис.4:

c – скорость света в вакууме,

t_1 – время движения фотона луча 1 по пути $B - Z_1 - B$,

t_{11} – время движения фотона луча 1 по пути $B - Z_1$,

t_{12} – время движения фотона луча 1 по пути $Z_1 - B$,

l_1 – длина пути $B - Z_1$ (или длина пути $Z_1 - B$) луча 1 в системе отсчета, в которой интерферометр Майкельсона неподвижен;

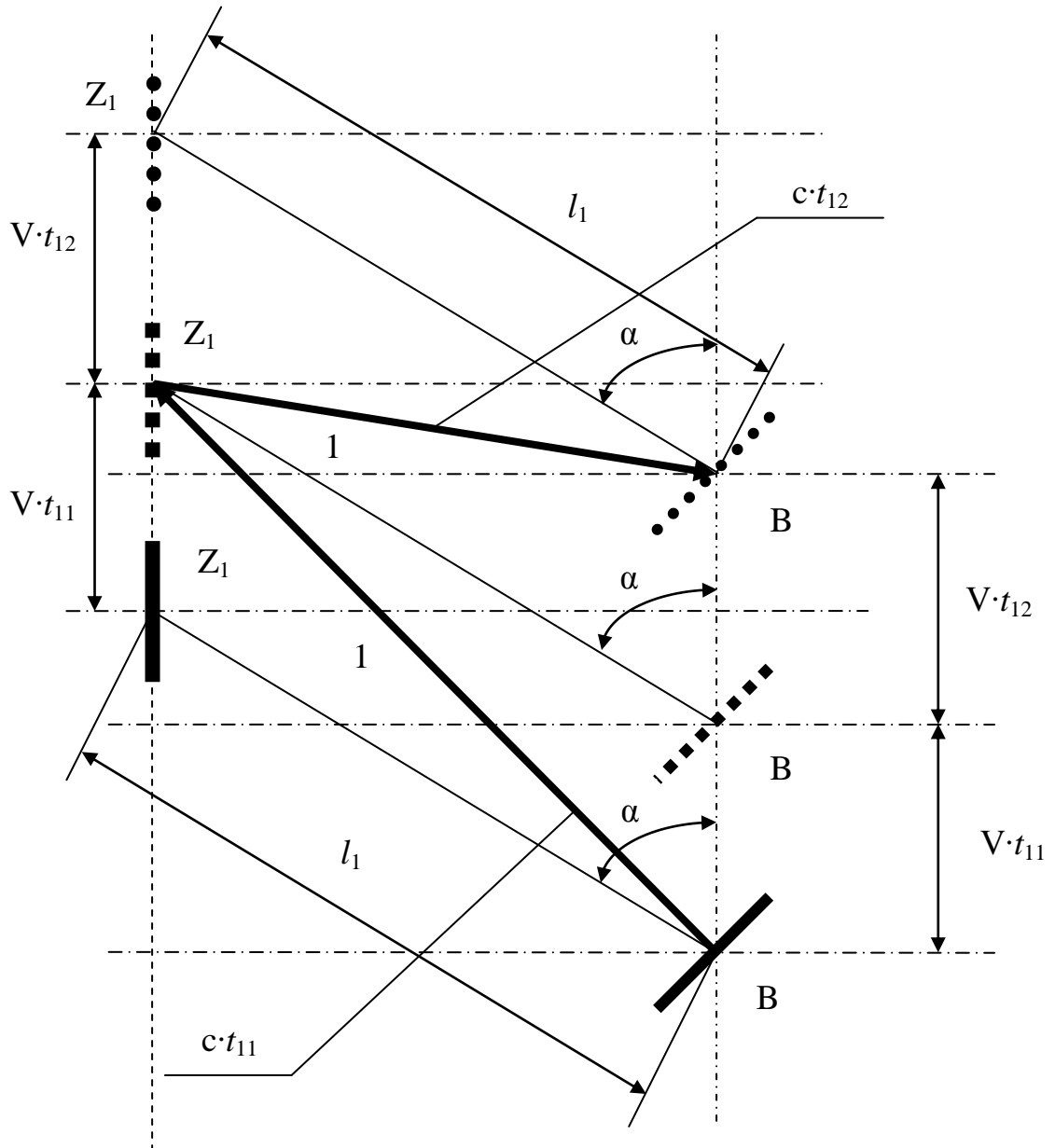


Рис.4

- исходя из перпендикулярности поверхностей зеркал Z_1 и Z_2 , длина L_2 пути $B - Z_2 - B$ луча 2 в системе отсчета, в которой эфир неподвижен, равна:

$$\begin{aligned}
L_2 &= c \cdot t_2 = c \cdot t_{21} + c \cdot t_{22} = \\
&= \left\{ \left[\frac{l_2}{1 - \left(\frac{V^2}{c^2}\right)} \right] \cdot \left[\left(\frac{V \cdot \sin \alpha}{c}\right) + \sqrt{1 - \left(\frac{V^2 \cdot \cos^2 \alpha}{c^2}\right)} \right] \right\} \\
&+ \left\{ \left[\frac{l_2}{1 - \left(\frac{V^2}{c^2}\right)} \right] \cdot \left[-\left(\frac{V \cdot \sin \alpha}{c}\right) + \sqrt{1 - \left(\frac{V^2 \cdot \cos^2 \alpha}{c^2}\right)} \right] \right\} = \\
&= \left[\frac{2l_2}{1 - \left(\frac{V^2}{c^2}\right)} \right] \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{V^2 \cdot \cos^2 \alpha}{c^2}\right)} \quad (5)
\end{aligned}$$

где:

t_2 – время движения фотона луча 2 по пути $B - Z_2 - B$,

t_{21} – время движения фотона луча 2 по пути $B - Z_2$,

t_{22} – время движения фотона луча 2 по пути $Z_2 - B$,

l_2 – длина пути $B - Z_2$ луча 2 в системе отсчета, в которой интерферометр Майкельсона неподвижен.

Из формул (4) и (5) следует, что разность ΔL длин L_1 и L_2 равна:

$$\begin{aligned}
\Delta L &= L_1 - L_2 = \\
&\left[\frac{2}{1 - \left(\frac{V^2}{c^2}\right)} \right] \cdot \left\{ \left[l_1 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{V^2 \cdot \sin^2 \alpha}{c^2}\right)} \right] - \left[l_2 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{V^2 \cdot \cos^2 \alpha}{c^2}\right)} \right] \right\} \quad (6)
\end{aligned}$$

При угле $\alpha = 0$ формула (6) вырождается в формулу (3).

3. Механический аналог интерферометра Майкельсона

Как видно из формулы (6) разность длин ΔL лучей 1 и 2 должна зависеть от величины угла α , т.е. разность длин ΔL находится в зависимости от направления вектора скорости движения V эфира относительно интерферометра Майкельсона.

Но, к сожалению, опыты Майкельсона [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14] в пределах допустимых погрешностей не

показали изменение интерференционной картины в телескопе D.

Учитывая отсутствия смещения интерференционных полос в опытах Майкельсона, авторы работ [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [13], [14] сделали вывод об отсутствии эфирного ветра и инвариантности скорости света в вакууме.

Но мог ли отрицательный результат опытов Майкельсона быть вызван другой причиной?

Рассмотрим простейшую модель замкнутой механической системы, близкую по функционированию к интерферометру Майкельсона.

Допустим, имеется замкнутая механическая система, как показано на рис.5, состоящая из прямоугольного параллелепипеда с боковыми сторонами A, Z₁, Z₂ и D, пластинки B, находящейся внутри этого параллелепипеда, и двух сферических точечных тел 1 и 2, первоначально расположенных на боковой стороне A параллелепипеда на бесконечно малом расстоянии относительно друг друга.

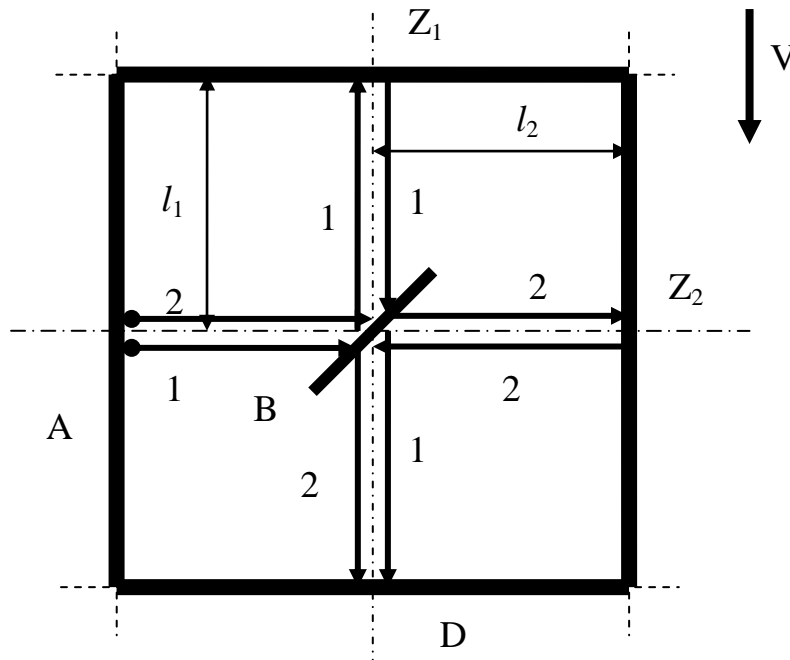


Рис.5

Тела 1 и 2 абсолютно упруго отталкиваются от боковой стороны A, имея при этом одинаковые по величине и направлению скорости.

Тело 1 попадает под углом 45° на пластинку В, сначала абсолютно упруго отражается от пластинки В, затем от боковой стороны Z_1 и сталкивается с боковой стороной D.

Тело 2 абсолютно упруго отражается от боковой стороны Z_2 , попадает под углом 45° на пластинку В, абсолютно упруго отражается от пластинки В и сталкивается с боковой стороной D.

Все боковые стороны параллелепипеда и пластинка В жестко скреплены.

При движении тел 1 и 2 внутри параллелепипеда не происходит вращение параллелепипеда вокруг его центра масс.

Если предположить невозможное, что при отражении тел 1 и 2 от сторон параллелепипеда и пластинки В не происходит изменение импульса параллелепипеда (тела 1 и 2 не оказывают никакого давления на стороны параллелепипеда и пластинку В, хотя при взаимодействии с ними изменяют направления движения тел 1 и 2), то в подвижной системе отсчета, движущейся относительно покоящейся системы отсчета, в которой параллелепипед неподвижен, со скоростью V , вектор которой параллелен оси параллелепипеда, проходящей через его стороны А и Z_1 , и направлен в сторону противоположную стороне Z_1 :

- длина L_1 пути В - Z_1 - В тела 1 в подвижной системе отсчета равна:

$$L_1 = v \cdot t_{11} + v \cdot t_{12} = \frac{l_1 \cdot v}{v - V} + \frac{l_1 \cdot v}{v + V} = \frac{2l_1}{1 - \left(\frac{V^2}{v^2}\right)} \quad (7)$$

где:

v – скорость тела 1 (или 2) при отделении его от стороны А в подвижной системе отсчета,

t_{11} – время движения тела 1 по пути В - Z_1 ,

t_{12} – время движения тела 1 по пути Z_1 - В,

l_1 – длина пути В - Z_1 (или длина пути Z_1 - В) тела 1 в покоящейся системе отсчета;

- длина L_2 пути В - Z_2 - В тела 2 в подвижной системе отсчета равна:

$$L_2 = v \cdot t_{21} + v \cdot t_{22} = \frac{2l_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{V^2}{v^2}\right)}} \quad (8)$$

где:

t_{21} – время движения тела 2 по пути В – Z₂,

t_{22} – время движения тела 2 по пути Z₂ - В,

l_2 – длина пути В – Z₂ (или длина пути Z₂ – В) тела 2 в покоящейся системе отсчета.

Как видно формула (7) похожа на формулу (1), а формула (8) похожа на формулу (2).

Но невозможно, чтобы тела взаимодействовали без изменения своих импульсов.

В случае если учитывать изменения импульсов (и естественно энергий) параллелепипеда и тел 1 и 2 при отражении этих тел от сторон параллелепипеда и пластинки В, то в подвижной системе отсчета, движущейся относительно покоящейся системы отсчета, в которой параллелепипед неподвижен, со скоростью V, вектор которой параллелен оси параллелепипеда, проходящей через его стороны А и Z₁, и направлен в сторону противоположную стороне Z₁:

- длина L_1 пути В - Z₁ - В тела 1 в подвижной системе отсчета равна:

$$L_1 = v \cdot t_{11} + v_{12} \cdot t_{12} = \frac{l_1 \cdot v}{v - V_{z11}} + \frac{l_1 \cdot v_{12}}{v_{12} + V_{z12}} \quad (9)$$

где:

v – скорость тела 1 (или 2) при отделении его от стороны А в подвижной системе отсчета,

V_{z11} – скорость движения параллелепипеда в направлении стороны Z₁ при отделении тела 1 от стороны А в подвижной системе отсчета,

v_{12} – скорость тела 1 при отделении его от стороны Z₁ в подвижной системе отсчета,

V_{z12} – скорость движения параллелепипеда в направлении стороны А при отделении тела 1 от стороны Z₁ в подвижной системе отсчета,

t_{11} – время движения тела 1 по пути В - Z₁,

t_{12} – время движения тела 1 по пути Z₁ - В,

l_1 – длина пути В - Z₁ (или длина пути Z₁ – В) тела 1 в покоящейся системе отсчета;

- длина L_2 пути В - Z₂ - В тела 2 в подвижной системе отсчета равна:

$$\begin{aligned}
 L_2 &= v_{21} \cdot t_{21} + v_{22} \cdot t_{22} = \\
 &= \frac{l_2 \cdot v_{21} \cdot \left[V_{z221} + \sqrt{v_{21}^2 - V_{z121}^2} \right]}{v_{21}^2 - V_{z121}^2 - V_{z221}^2} \\
 &+ \frac{l_2 \cdot v_{22} \cdot \left[-V_{z222} + \sqrt{v_{22}^2 - V_{z122}^2} \right]}{v_{22}^2 - V_{z122}^2 - V_{z222}^2} \quad (10)
 \end{aligned}$$

где:

v_{21} – скорость тела 2 при отделении его от пластинки В в подвижной системе отсчета,

V_{z121} – скорость движения параллелепипеда в направлении стороны Z₁ при отделении тела 2 от пластинки В в подвижной системе отсчета,

V_{z221} – скорость движения параллелепипеда в направлении противоположном стороне Z₂ при отделении тела 2 от пластинки В в подвижной системе отсчета,

t_{21} – время движения тела 2 по пути В – Z₂,

v_{22} – скорость тела 2 при отделении его от стороны Z₂ в подвижной системе отсчета,

V_{z122} – скорость движения параллелепипеда в направлении противоположном стороне Z₁ при отделении тела 2 от стороны Z₂ в подвижной системе отсчета,

V_{z222} – скорость движения параллелепипеда в направлении стороны Z₂ при отделении тела 2 от стороны Z₂ в подвижной системе отсчета,

t_{22} – время движения тела 2 по пути Z₂ - В,

l_2 – длина пути В – Z₂ (или длина пути Z₂ – В) тела 2 в покоящейся системе отсчета.

Учитывая, что параллелепипед с телами 1 и 2 представляет из себя замкнутую механическую систему, величины скоростей V_{z11} , v_{12} , V_{z12} , v_{21} , V_{z121} , V_{z221} , v_{22} , V_{z122} и V_{z222} могут быть определены при использовании законов сохранения импульса и энергии.

В свою очередь применение законов сохранения импульса и энергии при рассмотрении замкнутой механической системы, состоящей из параллелепипеда и тел 1 и 2, позволяет прийти к выводу, что разность ΔL длин L_1 и L_2 не зависит от величины и направления скорости V движения подвижной инерциальной системы отсчета относительно параллелепипеда.

4. Использование законов сохранения импульса и энергии для объяснения результатов опытов Майкельсона

Если посмотреть внимательно на исходные условия, на которых основывается методика оценки результатов опытов Майкельсона, то можно найти одно очень слабое место – это предположение о том, что свет от источника А, движущийся в интерферометре Майкельсона, не взаимодействует с его конструктивными элементами (зеркалами, пластинками, телескопом).

Как может луч света отражаться (менять направления своего импульса) от зеркал и при этом не оказывать никакого воздействия на эти зеркала?

Это – нереально!

Более близкой к действительности может быть методика оценки результатов опытов Майкельсона, основанная на следующих предположениях:

- эфир (однородная и изотропная окружающая среда) движется с постоянной по величине и направлению скоростью V относительно интерферометра Майкельсона;
- свет распространяется в неподвижном эфире со скоростью c ;
- эфир не взаимодействует с конструктивными элементами

интерферометра Майкельсона;

- свет от источника A , движущийся в интерферометре Майкельсона, взаимодействует с его конструктивными элементами (зеркалами, пластинками, телескопом);

- системы отсчета, в которых интерферометр Майкельсона и эфир неподвижны, - инерциальные.

- пространственные изменения в структуре эфира, представляемые упругими колебаниями – светом, происходят только в ограниченном объеме, окружающем интерферометр Майкельсона (т.е. свет вне интерферометра не распространяется никаким источником).

Если учесть выдвинутые предположения и то, что интерферометр Майкельсона представляет из себя единую конструкцию, состоящую из жестко соединенных элементов, то интерферометр Майкельсона и окружающий его эфир можно рассматривать как условно замкнутую систему, для которой должны выполняться законы сохранения импульса и энергии (т.к. за пределами интерферометра Майкельсона импульс и энергия эфира не изменяется).

Разница в функционировании интерферометра Майкельсона и рассмотренного выше его механического аналога заключается в том, что действие света на конструктивные элементы интерферометра отлично от воздействия отдельных тел и скорее напоминает воздействие потока эфира, имеющего периодически изменяемые характеристики, на конструктивные элементы интерферометра.

Использование законов сохранения импульса и энергии при рассмотрении механического аналога интерферометра Майкельсона позволило получить, что разность ΔL длин L_1 и L_2 не зависит от величины и направления скорости V движения подвижной инерциальной системы отсчета относительно механического аналога.

К аналогичному результату должно привести и использование законов сохранения импульса и энергии при рассмотрении движения лучей

света в интерферометре Майкельсона, т.е. в интерферометре Майкельсона разность хода разделенных лучей будет постоянной величиной, независимой от скорости и направления движения эфира (следовательно при изменении пространственного положения интерферометра Майкельсона не должно происходить изменение интерференционной картины в телескопе D).

5. Заключение

Опыты, проведенные А.А. Майкельсоном с использованием интерферометра, не могут служить подтверждением отсутствия эфира, т.к. с помощью интерферометра Майкельсона невозможно зарегистрировать эфирный ветер.

Список литературы

1. Albert A. Michelson, The relative motion of the Earth and the Luminiferous ether, The American Journal of Science, 1881, III series, vol. XXII, № 128, p. 120—129.
2. Conference on the Michelson–Morley experiment, Held at the Mount Wilson Observatory, Pasadena, California, February 4 and 5, 1927.
3. Дэвид Бом, Специальная теория относительности, Мир, Москва, 1967.
4. Боргман И.И., Новые идеи в физике, Сборник третий, Образование, Санкт-Петербург, 1912.
5. Бейзер А., Основные представления современной науки, Атомиздат, Москва, 1973.
6. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Курс физики, том 3, Высшая школа, Москва, 1979.
7. Угаров В.А., Специальная теория относительности, Наука, Москва, 1977.
8. Соколовский Ю.И., Теория относительности в элементарном изложении, Наука, Москва, 1964.
9. Бергман П.Г., Введение в теорию относительности, Иностранная литература, Москва, 1947.
10. Макс Борн, Эйнштейновская теория относительности, Мир, Москва, 1972.
11. Академик Л.И. Мандельштам, Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике, Наука, Москва, 1972.

12. Эфирный ветер, Сборник статей под редакцией В.А. Ацюковского, Энергоатомиздат, Москва, 2011.
13. Франкфурт У.И., Специальная и общая теория относительности, Наука, Москва, 1968.
14. Меллер К., Теория относительности, Атомиздат, Москва, 1975.

Автор

В.Н. Кочетков

E-mail: VNKochetkov@gmail.com .

E-mail: VNKochetkov@rambler.ru .

Сайт: <http://www.matphysics.ru> .