the general science journal

Эффект Саньяка - Классическое Объяснение

Виталий Соколов, Вальтер Бабин, Геннадий Соколов
gennadiy@vtmedicalstaffing.com

Хотя эффект Саньяка известен уже около 100 лет и сейчас успешно используется в лазерных гироскопах, нет ни одного непротиворечивого объяснения, почему луч, идущий навстречу вращению интерферометра, обходит контур быстрее, чем луч, идущий в обратном направлении. Сам Саньяк, как и многие современные авторы, объяснял эффект гипотезой эфира [1,2,3]. Теория относительности не объясняет эффект Саньяка [4,5], хотя некоторые авторы пытаются доказать обратное [2]. Известны попытки объяснить этот эффект тем, что отражение света от зеркала происходит, якобы, не мгновенно [5], доплеровским изменением частоты лучей [6] и даже силами Кориолиса [7].

В данной работе показано, что эффект Саньяка имеет классическое объяснение, основанное на том факте, что свет от источника к любой заданной точке идёт по оптимальной (кратчайшей) траектории.

В неподвижном кольцевом интерферометре когерентные лучи проходят одинаковые расстояния, и интерференционные полосы находятся в некотором начальном положении. Ниже показано, что эффект Саньяка возникает потому, что во вращающемся интерферометре когерентные лучи проходят **разные расстояния**, хотя относительно него они идут с одинаковой скоростью C. Луч 2, идущий навстречу вращению, проходит меньшее расстояние. Он обходит контур быстрее, чем луч 1, и поэтому возникает смещение полос, то есть имеет место эффект Саньяка.

Расстояния, пройденные лучами, оказываются различными потому, что фотоны во вращающемся интерферометре **идут по разным** (а не одинаковым, как в неподвижном интерферометре) **траекториям**. Между зеркалами каждый фотон движется **по траектории, которая является прямолинейной относительно инерциальной системы и которая не зависит от вращения интерферометра**. Поэтому, пока лучи идут между зеркалами, интерферометр поворачивается на некоторый угол и фотоны приходят в различные точки зеркал. То есть эффект Саньяка возникает потому, что направление движения фотонов не зависит от вращения интерферометра.

Хорошо известно, что от источника S к некоторой точке A свет идёт по кратчайшему расстоянию, то есть по прямой линии от S к A. Если по пути от S к A свет отражается от плоского зеркала, точка отражения M оказывается на прямой, соединяющей источник S и зеркальное отражение A". Так как прямая SA" является

минимальным расстоянием от S до A", расстояние SMA, равное SA", также является минимальным расстоянием от S до точки A.

В кольцевом интерферометре когерентные лучи идут от полупрозрачного зеркала, обходят контур во встречных направлениях и затем снова приходят к полупрозрачному зеркалу. Здесь лучи так же отражаются от зеркал и идут по траекториям с минимально возможными расстояниями.

Траектории лучей, соответствующие минимальным расстояниям, могут быть определены с помощью геометрического построения, показанного на Рис.1 на примере кольцевого интерферометра с полупрозрачным зеркалом A и двумя отражающими зеркалами B_0 и E_0 , расположенными в вершинах равностороннего треугольника AB_0E_0. Луч 1 обходит контур в направлении часовой стрелки, луч 2 идёт в обратном направлении.

Когда интерферометр неподвижен, луч 1 из точки A проходит через точки B_0 и E_0 и приходит в точку A (Рис.1). Луч 2 по тем же точкам идёт в обратном направлении, то есть в неподвижном интерферометре лучи идут по одинаковым траекториям и проходят одинаковые расстояния, равные сумме трёх сторон треугольника AB_0E_0 .

Те же траектории и те же расстояния мы можем найти, построив прямую A_BA_E , соединяющую точки A_B и A_E , являющиеся зеркальными отражениями точки A в зеркалах B и E. Прямая A_BA_E пересекает зеркала B и E в тех же точках B_0 и E_0 , которые определяют те же самые траектории.

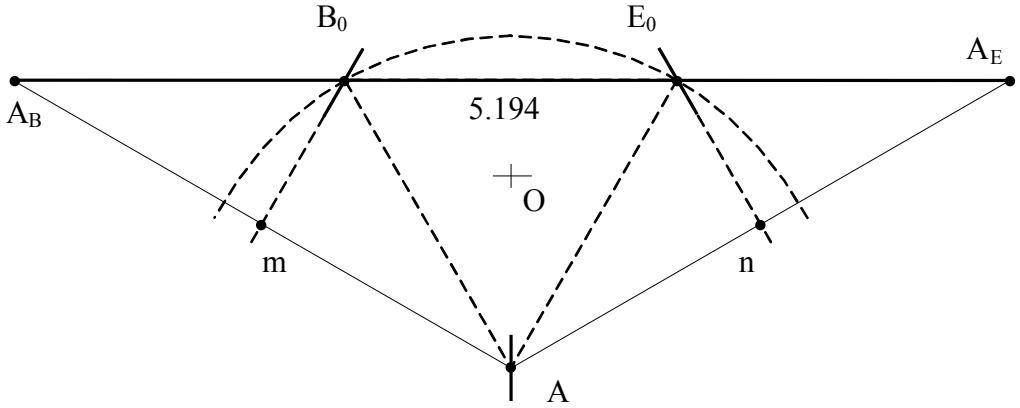

Рис.1.

Длина линии A_BA_E равна расстоянию, проходимому лучами 1 и 2 ($A_BB_0 = B_0A$ и $A_EE_0 = E_0A$). Длина A_BA_E на Рис.1 в условном масштабе равна 5.194.

Когда интерферометр вращается - Рис.2, Рис.3.

Рис.2 и Рис.3 показывают, что оптимальные траектории, по которым идут лучи, не проходят через точки B_0 и E_0 и поэтому расстояния, проходимые лучами относительно интерферометра, оказываются разными. Оптимальные траектории и расстояния определены для случая, когда интерферометр вращается по часовой

стрелке. Для упрощения построений вращение интерферометра рассматривается относительно одной из вершин треугольника, точки А.

Луч 1 во вращающемся интерферометре (Рис.2).

За время, пока луч 1 из неподвижной точки А идёт к зеркалу В, зеркало смещается вдоль окружности радиуса AB_0 и одновременно поворачивается на некоторый угол β (на Рис.2 шаг по углу β условно принят равным 5^o). Точка B_0 приходит в положение B_1. Зеркальное отражение точки А в зеркале В оказывается в положении A_B1 (отрезок Am1 перпендикулярен зеркалу В и $m1A_B1 = Am1$).

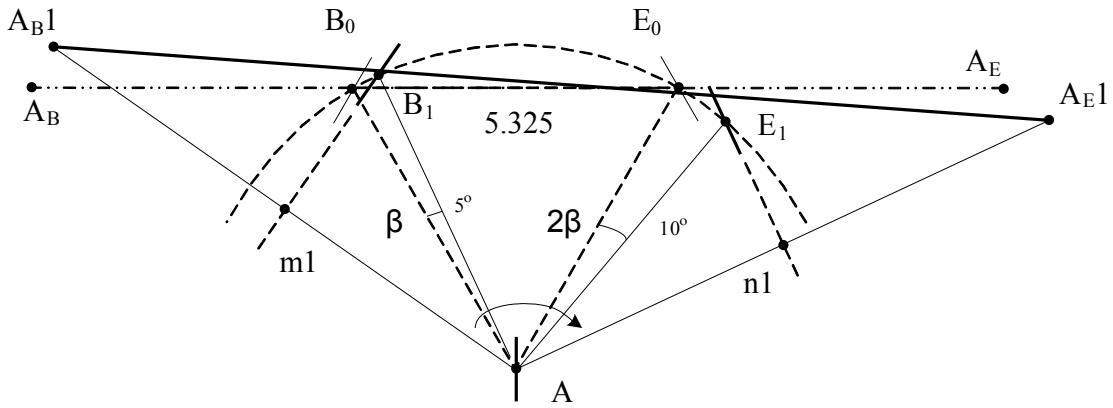

Рис.2.

За время, пока луч 1 идёт от зеркала В до зеркала Е, интерферометр поворачивается еще на угол β и зеркало Е оказывается в положении E_1 . Зеркальное отражение точки А в зеркале Е оказывается в положении A_E1 (отрезок An1 перпендикулярен зеркалу Е и $n1A_E1 = An1$). Точки пересечения прямой A_B1- A_E1 с зеркалами определяют траекторию луча 1, а длина прямой A_B1- A_E1 равна длине траектории. Длина A_B1- A_E1 на Рис.2 равна 5.325.

Луч 2 во вращающемся интерферометре (Рис.3).

За время, пока луч 2 из точки А идёт к зеркалу Е, зеркало смещается вдоль окружности и одновременно поворачивается на угол β. Точка E_0 приходит в положение E_1. Зеркальное отражение точки А в зеркале Е оказывается в положении A_E2 (отрезок An2 перпендикулярен зеркалу Е и $n2A_E2 = An2$).

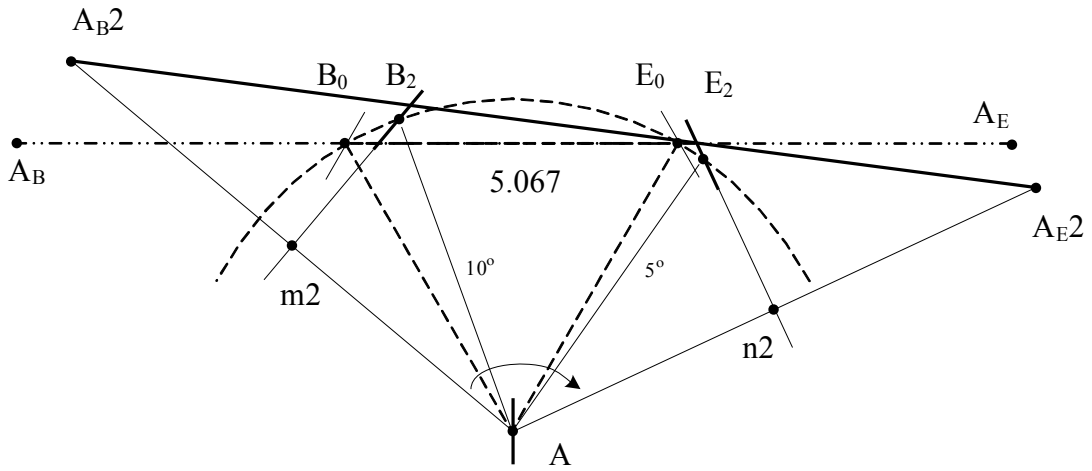

Рис.3.

За время, пока луч 2 идёт от зеркала Е до зеркала В, интерферометр поворачивается еще на угол β и зеркало В оказывается в положении B_2 . Зеркальное отражение точки А в зеркале В оказывается в положении A_B2 (отрезок Am2 перпендикулярен зеркалу В и $m2A_B2 = Am2$). Точки пересечения прямой A_E2- A_B2 с зеркалами определяют траекторию луча 2, а длина прямой A_E2- A_B2 равна длине траектории. Длина отрезка A_E2- A_B2 на Рис.3 равна 5.067.

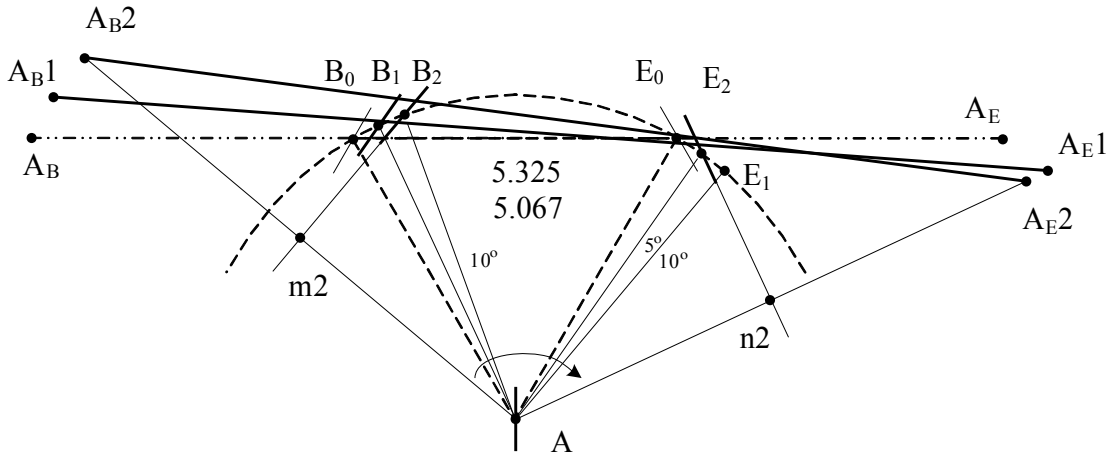

Рис.4

Траектории лучей 1 и 2 совмещены на Рис.4. Сравнение отрезков прямых A_B1- A_E1 на Рис.2 и A_E2- A_B2 на Рис.3 показывает, что луч 2 проходит меньшее расстояние и поэтому приходит к полупрозрачному зеркалу раньше, чем луч 1.

Рис.1.1, Рис.2.1, Рис.3.1, Рис.4.1, на которых построение траекторий выполнено с большей точностью, чем на Рис.1, 2, 3, 4, и **последовательность геометрических построений** приведены **Приложении.**

На **Рис.1.1, Рис.2.1, Рис.3.1, Рис.4.1** в **Приложении:** Разность расстояний 15.15 - 14.85 = 0.3 и отношение $L/\Delta L = 15/0.3 = 50$ **;** скорость света C = 5.0 ; Зеркала движутся относительно центра интерферометра O с линейной скоростью V= 0.10 и отношение C/V = 5.0/0.1 = 50 . То есть отношение скоростей такое же, как и отношение расстояний.

1. http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/6730.html
2. http://www.ufn.ru/ufn88/ufn88_9/Russian/r889e.pdf
3. http://n-t.ru/tp/iz/os.htm
4. http://www.mathpages.com/rr/s2-07/2-07.htm
5. http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001b/00161336.htm
6. http://www.vokrugsveta.ru/vs/article/6330/
7. http://suhorucov.narod.ru/index2.htm

П р и л о ж е н и е
Рис.1.1, Рис.2.1, Рис.3.1, Рис.4.1
и последовательность геометрических построений

Траектории определены в условном масштабе для интерферометра с расстоянием между зеркалами, равным 5.0 , и с шагом по углу 2^0.

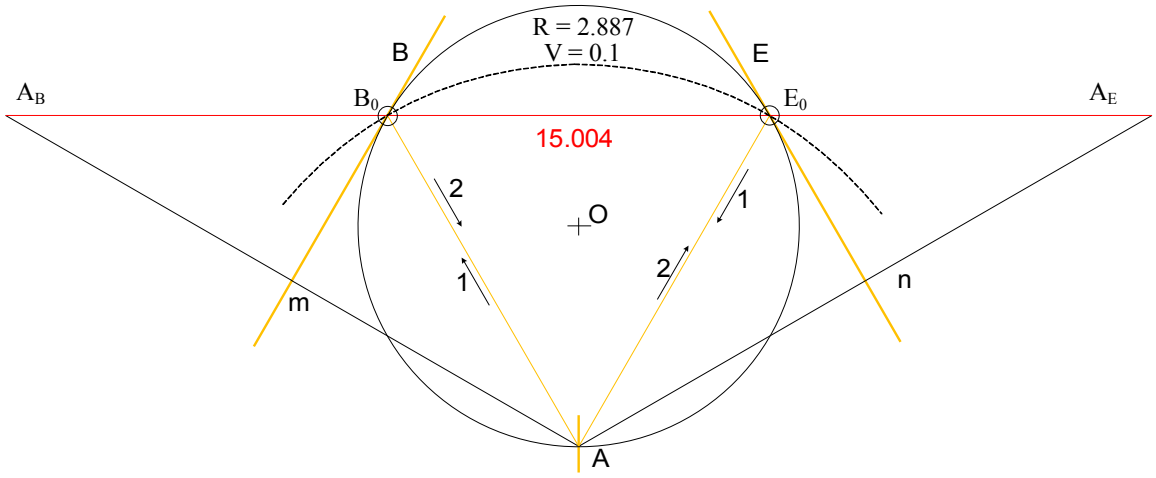

Рис.1.1. Неподвижный интерферометр.
A_B , A_E - зеркальные отражения точки A в зеркалах B, E.
Am – перпендикуляр к зеркалу B, A_B m = A m,
An - перпендикуляр к зеркалу E, A_E n = A n,

$A_B\,A_E = 15.004$ - оптимальное расстояние для лучей 1 и 2.

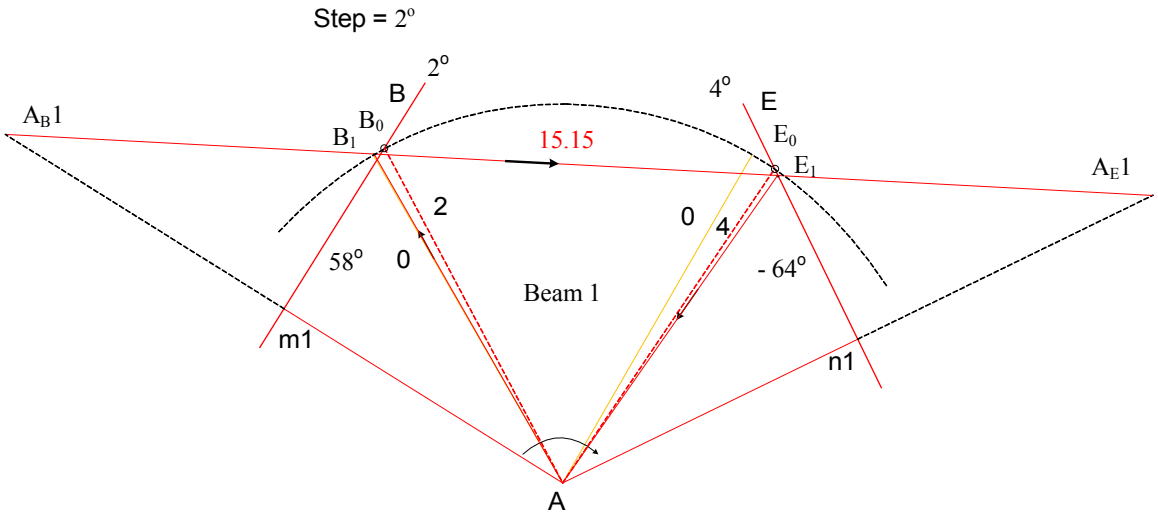

Рис.2.1. Луч 1 в интерферометре, вращающемся вокруг точки A.

За время, пока луч 1 проходит расстояние AB_0, интерферометр поворачивается относительно лаборатории на угол 2° и зеркало B смещается на $2\pi R/180 = 2\pi 5/180 = 0.1745$ то есть зеркало движется со скоростью V = 0.1745.

Когда луч 1 приходит к зеркалу B, оно поворачивается на угол 2° и оказывается в положении 58° (в неподвижном интерферометре - 60°).

A_B1 - зеркальное отражение точки A в зеркале B.

Пока луч 1 идёт к зеркалу E, интерферометр поворачивается ещё на 2° и зеркало E оказывается в положении - 64° ,

A_E1 - зеркальное отражение A в зеркале E,

A_B1-A_E1 =15.15 - расстояние, пройденное лучом 1.

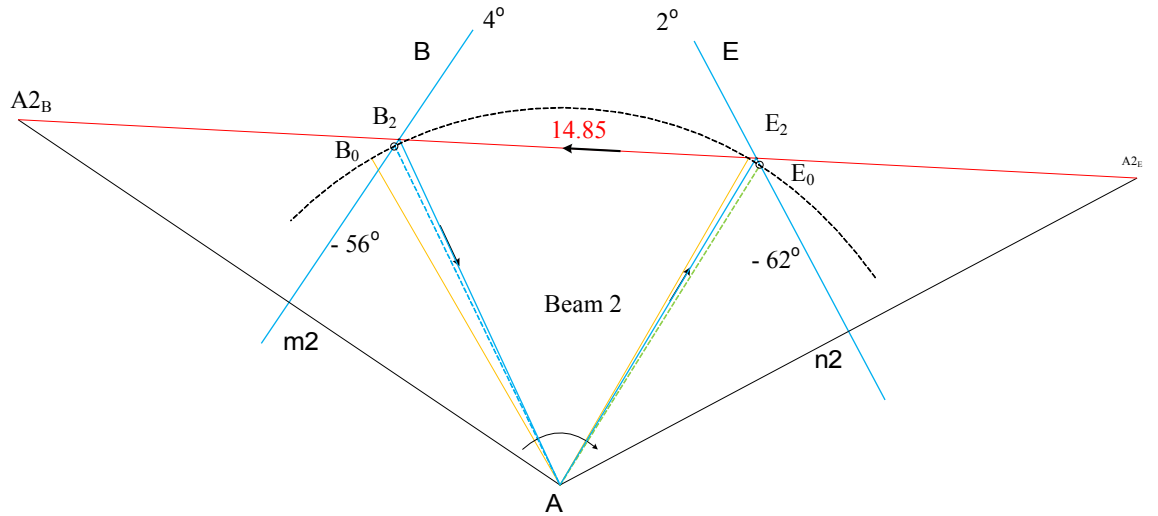

Рис.3.1. Луч 2 в интерферометре, вращающемся вокруг точки A.

Пока луч 2 идёт к зеркалу E, оно приходит в положение - 62° .

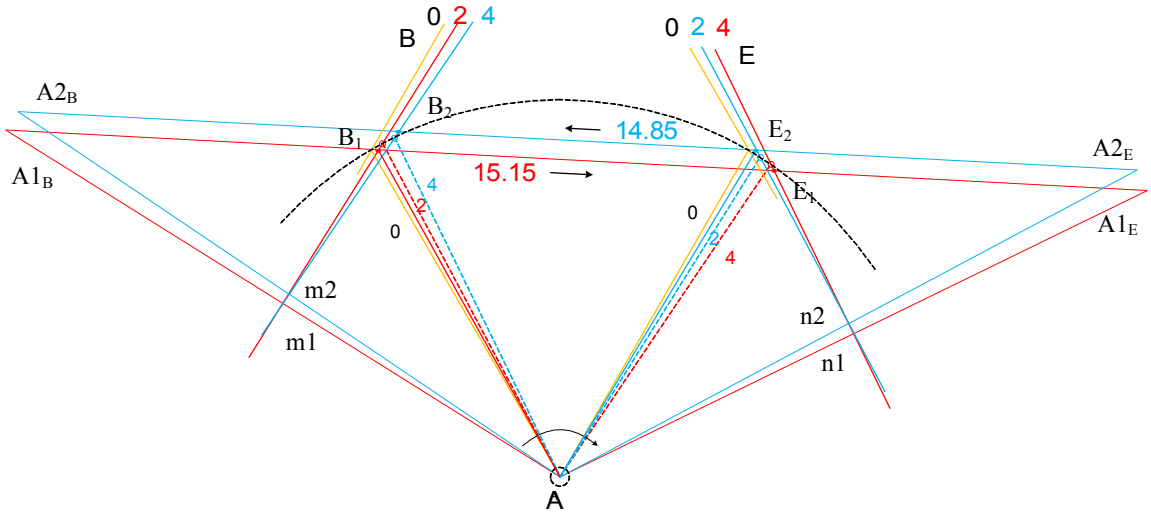

Рис.4.1. Лучи 1 и 2 вместе.

Загрузить Microsoft Office Visio 2007 диаграммы

http://wbabin.net/sokolov/visior.zip