the general science journal

Эксперимент Физо Доказывает не Частичное, а Полное Увлечение Света Движущейся Средой

Геннадий Соколов, Виталий Соколов
gennadiy@vtmedicalstaffing.com

Оптический эксперимент Физо с движущейся водой в течение 160 лет объясняется ошибочно и рассматривается как одно из основных подтверждений справедливости специальной теории относительности. Приведенный ниже анализ показывает, что на самом деле свет увлекается двидущейся водой полностью и, следовательно, эксперимент Физо не подтверждает теорию относительности, а очевидно противоречит ей.

Анализ основан на следующих утверждениях:

1. В момент $t = 0$ в трубы с движущейся водой одновременно входят синхронные фотоны лучей 1 и 2 , которые в дальнейшем мы называем первыми. Однако из-за изменения частоты первые фотоны выходят из воды в луче 1 с фазой, уменьшенной на $2\pi(N_{01} - N_1)$, и в луче 2 с фазой, увеличенной на $2\pi(N_2 - N_{02})$, и поэтому оказываются несинхронными.
2. Первые фотоны лучей 1 и 2 выходят из воды в моменты $t_1 = \dfrac{L}{\frac{C}{n} + V}$ и $t_2 = \dfrac{L}{\frac{C}{n} - V}$, то есть в воздухе луч 1 опережает луч 2 на $C(t_2 - t_1) = \dfrac{2LVC}{\left(\frac{C}{n} + V\right)\left(\frac{C}{n} - V\right)}$ и в эксперименте имеет место полное увлечение света движущейся водой.
3. Возникающее в интерферометре смещение полос не определяется одновременно вошедшими в воду первыми фотонами и не равно $\delta_V = \dfrac{C(t_2 - t_1)}{\lambda_0}$, так как первые фотоны становятся несинхронными.
4. Положение полос в интерферометре определяется другими фотонами, которые входят в воду неодновременно и до входа в воду являются несинхронными. Эти фотоны в движущейся воде изменяют фазы, становятся синхронными и определяют положение интерференционных полос.
5. Фотоны луча 1, вошедшие в воду на Δt_1 позже с начальной фазой, на $2\pi(N_{01} - N_1)$ большей чем у первых фотонов, в движущейся воде уменьшают фазу и оказываются синхронными с фотонами луча 2, которые входят в воду на Δt_2 раньше и имеют начальную фазу на $2\pi(N_2 - N_{02})$, меньшую чем у первых фотонов.

6. Опережение в воздухе у синхронных фотонов равно $\Delta\lambda_1 N_1 + \Delta\lambda_2 N_2 == \dfrac{2LVC}{n^2\left(\dfrac{C}{n}+V\right)\left(\dfrac{C}{n}-V\right)}$

и полосы смещаются не на δ_V , а на $\delta = \dfrac{2LVC}{\lambda_0\left(\dfrac{C}{n}+V\right)\left(\dfrac{C}{n}-V\right)}\left(1-\dfrac{1}{n^2}\right) = \delta_V\left(1-\dfrac{1}{n^2}\right)$.

Физо для проверки гипотез об увлечении света движущейся средой пропускал когерентные лучи через трубы с движущейся водой и определял смещение интерференционных полос, создаваемых вышедшими из воды лучами. Он ошибочно предполагал, чтос в его интерферометре, как и в обычных интерферометрах, смещение полос пропорционально опережению луча 2 лучом 1 и поэтому должно быть равно $\delta_V = \dfrac{C(t_2-t_1)}{\lambda_0} = \dfrac{2LVC}{\lambda_0\left(\dfrac{C}{n}+V\right)\left(\dfrac{C}{n}-V\right)}$.

При скорости V = 7,059 м/с , длине труб L = 2.974 м, $n = 1.33$ и $\lambda_0\, \lambda = 526 \cdot 10^{-9}$ м при полном увлечении света должно было получиться смещение 0.47099, однако в эксперименте среднее значение смещения δ было равно 0.23 и практически соответствовало френелевской гипотезе частичного увлечения $\delta = \dfrac{2LVC}{\lambda_0\left(\dfrac{C}{n}+V\right)\left(\dfrac{C}{n}-V\right)}\left(1-\dfrac{1}{n^2}\right)$, в соответствии с которой смещение должно отличаться в $\left(1-\dfrac{1}{n^2}\right) = 0.4346$ и равно 0.20473.

Для упрощения анализа вместо реальной схемы интерферометра Физо мы рассматриваем

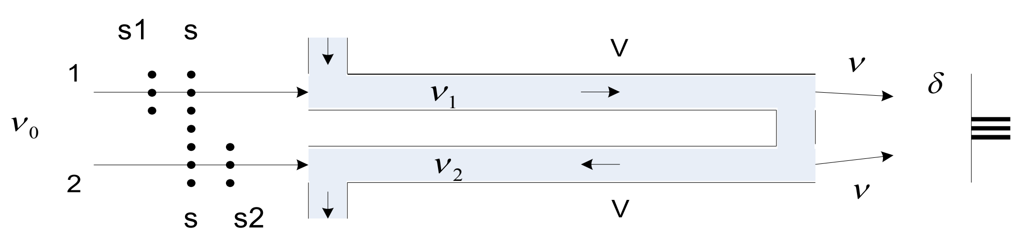

Рис.1

эквивалентную схему Рис. 1, в которой лучи идут в двух одинаковых трубах со встречным движением воды. В трубы одновременно входят когерентные лучи частоты ν_0 .

Когда вода в трубах неподвижна:

В обеих трубах фотоны идут с одинаковой частотой ν_0. Расстояние L в воде фотоны проходят с одинаковой скоростью $\dfrac{C}{n}$ за одинаковое время $t_0 = \dfrac{Ln}{C}$ и в момент t_0 выходят из воды с одинаковыми фазами. Оставаясь синхронными, фотоны одновременно приходят к экрану и смещение интерференционных полос оказывается равным нулю.

Когда вода в трубах движется со скоростью V :

В момент $t = 0$ в обе трубы одновременно входят **фотоны одного и того же волнового фронт**а (s на Рис.1), которые в дальнейшем мы будем называть **первыми**.

Относительно интерферометра фотоны идут с разными скоростями $\frac{C}{n}+V$ и $\frac{C}{n}-V$ и расстояние L в воде проходят за разные промежутки времени $t_1 = \frac{L}{\frac{C}{n}+V}$ и $t_2 = \frac{L}{\frac{C}{n}-V}$.

Относительно воды фотоны в обеих трубах идут с одинаковой скоростью $\frac{C}{n}$ (Рис.2).

Первый волновой фронт **луча 1** за время t_1 **относительно воды** проходит расстояние $L_1 = t_1 \frac{C}{n} = L \frac{\left(\frac{C}{n}\right)}{\left(\frac{C}{n}+V\right)}$, в момент t_1 вызодит из воды (точка **a** на Рис.2) и в воздухе со скоростью C идёт к экрану .

Первый волновой фронт **луча 2** за время t_2 **относительно воды** проходит расстояние $L_2 = t_2 \frac{C}{n} = L \frac{\left(\frac{C}{n}\right)}{\left(\frac{C}{n}-V\right)}$, в момент t_2 вызодит из воды (точка **b** на Рис.2) и в воздухе со скоростью C идёт к экрану/

За время $\Delta t = t_2 - t_1$ фотоны первого волнового фронта луча 1 проходят в воздухе расстояние $C(t_2 - t_1)$ и на пути к экрану опережают первые фотоны луча 2 на расстояние

$$C(t_2 - t_1) = \frac{CL}{\left(\frac{C}{n}-V\right)} - \frac{CL}{\left(\frac{C}{n}+V\right)} = \frac{2LVC}{\left(\frac{C}{n}+V\right)\left(\frac{C}{n}-V\right)} .$$

Если не учитывать изменение в движущейся воде частот и фаз интерферирующих лучей, опережение в воздухе на $C(t_2 - t_1) = \frac{2LVC}{\left(\frac{C}{n}+V\right)\left(\frac{C}{n}-V\right)}$ должно привести к смещению полос в интерферометре, как это ожидал Физо, на

$$\delta_V = \frac{C(t_2 - t_1)}{\lambda_0} = \frac{2LVC}{\lambda_0\left(\frac{C}{n}+V\right)\left(\frac{C}{n}-V\right)} .$$

Однако, из-за того что на самом деле фотоны лучей 1 и 2 проходят расстояния L_1 и L_2 в воде с разными частотами ν_1 и ν_2, они оказываются несинхронными. Поэтому смещение полос δ не определяется выражением $\delta_V = \frac{C(t_2 - t_1)}{\lambda_0}$ и оказывается меньше, чем $\frac{C(t_2 - t_1)}{\lambda_0}$.

Первые фотоны лучей 1 и 2 одновременно входят в движущуюся вод с одинаковой частотой и с одинаковой фазой, то есть в трубы с движущейся водой входят **синхронные** фотоны.

В воде в соответствии с **классическим** эффектом Доплера фотоны изменяют частоты от ν_0

до $\nu_1 = \nu_0\left(1 - \frac{V}{C}\right)$ в луче 1 и до $\nu_2 = \nu_0\left(1 + \frac{V}{C}\right)$ в луче 2 и расстояния в воде проходят с разными длинами волн

$$\lambda_1 = T_1\frac{C}{n} = \frac{\lambda_0}{n\left(1 - \frac{V}{C}\right)} = \frac{\lambda_0 C}{n(C - V)} = \frac{\lambda_0(C - V + V)}{n(C - V)} = \frac{\lambda_0}{n} + \frac{\lambda_0 V}{n(C - V)} = \frac{\lambda_0}{n} + \Delta\lambda_1$$

$$\lambda_2 = T_2\frac{C}{n} = \frac{\lambda_0}{n\left(1 + \frac{V}{C}\right)} = \frac{\lambda_0 C}{n(C + V)} = \frac{\lambda_0(C + V - V)}{n(C + V)} = \frac{\lambda_0}{n} - \frac{\lambda_0 V}{n(C + V)} = \frac{\lambda_0}{n} - \Delta\lambda_2$$

Выходя из движущейся воды, луч 1 изменяет свою частоту в $\left(1 + \frac{V}{C}\right)$,

луч 2 изменяет свою частоту в $\left(1 - \frac{V}{C}\right)$

и оба луча приходят к экрану с одинаковой частотой $\nu = \nu_0\left(1 - \frac{V^2}{C^2}\right)$, создавая на экране неподвижные интерференционные полосы.

Если представить, что фотоны не изменяют частоты и идут с одинаковой частотой ν_0, их фазы должны изменяться во времени с одинаковой скоростью $\frac{2\pi}{T_0}$ (прямая $\varphi_0 = \frac{2\pi}{T_0}t$ на Рис.2) .

К моменту t_1 , когда первые фотоны луча 1 должны пройти расстояние L_1 и выйти из воды, в них должно совершиться $N_{01} = \frac{t_1}{T_0} = \frac{L_1}{\frac{\lambda_0}{n}}$ колебаний и их фаза должна быть равна $2\pi N_{01}$.

Соответственно, в первых фотонах луча 2 к моменту t_2 должно совершиться $N_{02} = \frac{t_2}{T_0} = \frac{L_2}{\frac{\lambda_0}{n}}$ колебаний и их фаза должна быть равна $2\pi N_{02}$. Это **условие синхронности фотонов.**

Первые фотоны остаются синхронными и, следовательно, определяют положение интерференционных полос т**олько в том случае**, если в момент t_1 фаза фотонов в луче 1 равна $2\pi N_{01}$, а в момент t_2 фазы фотонов в обоих лучах оказываются одинаковыми и равными

$2\pi N_{02}$.

Но на самом деле фотоны идут в воде с частотами $\nu_1 = \nu_0\left(1-\frac{V}{C}\right) < \nu_0$ и $\nu_2 = \nu_0\left(1+\frac{V}{C}\right) > \nu_0$ и их фазы φ_1 и φ_2 изменяются с разными скоростями $\frac{2\pi}{T_1}$ и $\frac{2\pi}{T_2}$ (прямые $\varphi_1 = \frac{2\pi}{T_1}t$ и $\varphi_2 = \frac{2\pi}{T_2}t$ на РИс.2) В любой момент времени фазы первых фотонов лучей 1 и 2 оказываются разными. В движущейся воде условие синхронности нарушается и первые фотоны лучей 1 и 2 становятся **несинхронными**.

За время t_1, пока **первые фотоны луча 1** проходят в воде расстояние $L_1 = L\frac{\left(\frac{C}{n}\right)}{\left(\frac{C}{n}+V\right)}$, в них совершается $N_1 = \frac{t_1}{T_1} = \frac{L_1}{\lambda_1} = \frac{L(C-V)}{\lambda_0\left(\frac{C}{n}+V\right)}$ колебаний, на $N_{01} - N_1$ **меньше**, чем $N_{01} = \frac{t_1}{T_0} = \frac{L_1}{\frac{\lambda_0}{n}}$.

За время t_1, пока **первые фотоны луча 2** проходят в воде расстояние $L_2 = L\frac{\left(\frac{C}{n}\right)}{\left(\frac{C}{n}-V\right)}$, в них совершается $N_2 = \frac{t_2}{T_2} = \frac{L_2}{\lambda_2} = \frac{L(C+V)}{\lambda_0\left(\frac{C}{n}-V\right)}$ колебаний, на $N_2 - N_{02}$ **больше**, чем $N_{02} = \frac{t_2}{T_0} = \frac{L_2}{\frac{\lambda_0}{n}}$

.

Каждая длина волны $\lambda_1 > \frac{\lambda_0}{n}$ смещает волновой фронт луча 1 на $\Delta\lambda_1$ в сторону отставания и каждая длина волны $\lambda_2 < \frac{\lambda_0}{n}$ смещает волновой фронт луча 2 на $\Delta\lambda_2$ в сторону опережения.

Первые фотоны луча 1 к моменту t_1 проходят в воде расстояние $\lambda_1 N_1 = L_1$ и выходят из воды с фазой $2\pi N_1$, **отставая** по фазе на $2\pi\left(N_{01} - N_1\right)$, С такой фазой $2\pi N_1$ **фотоны** ν_0 должны были бы пройти расстояние $\frac{\lambda_0}{n}N_1 < \frac{\lambda_0}{n}N_{01}$, то есть **отстали** бы в воде на расстояние $\frac{\lambda_0}{n}\left(N_{01} - N_1\right)$

Так как $\frac{\lambda_0}{n}N_{01} - \frac{\lambda_0}{n}N_1 = \lambda_1 N_1 - \frac{\lambda_0}{n}N_1 = \Delta\lambda_1 N_1$, где $\frac{\lambda_0}{n}N_{01} = L_1 = \lambda_1 N_1$, $\lambda_1 - \frac{\lambda_0}{n} = \Delta\lambda_1$,

отставание в воде оказывается равным $\frac{\lambda_0}{n}\left(N_{01} - N_1\right) = \Delta\lambda_1 N_1$ (а-**а0** на Рис.2,а).

Первые фотоны луча 2 к моменту t_2 проходят в воде расстояние $\lambda_2 N_2 = L_2$ и выходят из воды с фазой $2\pi N_2$, **опережая** по фазе на $2\pi\left(N_2 - N_{02}\right)$, С тако фазой $2\pi N_2$ фотоны ν_0 должны были бы пройти расстояние $\frac{\lambda_0}{n}N_2 > \frac{\lambda_0}{n}N_{02}$, то есть **опередили** бы в воде на расстояние $\frac{\lambda_0}{n}(N_2 - N_{02})$.

Так как $\frac{\lambda_0}{n}N_2 - \frac{\lambda_0}{n}N_{02} = \frac{\lambda_0}{n}N_2 - \lambda_2 N_2 = \Delta\lambda_2 N_2$, где $\frac{\lambda_0}{n}N_{02} = L_2 = \lambda_2 N_2$, $\frac{\lambda_0}{n} - \lambda_2 = \Delta\lambda_2$ **опережение** в воде оказывается равным $\frac{\lambda_0}{n}(N_2 - N_{02}) = \Delta\lambda_2 N_2$ (b-b**0** на Рис.2,b).

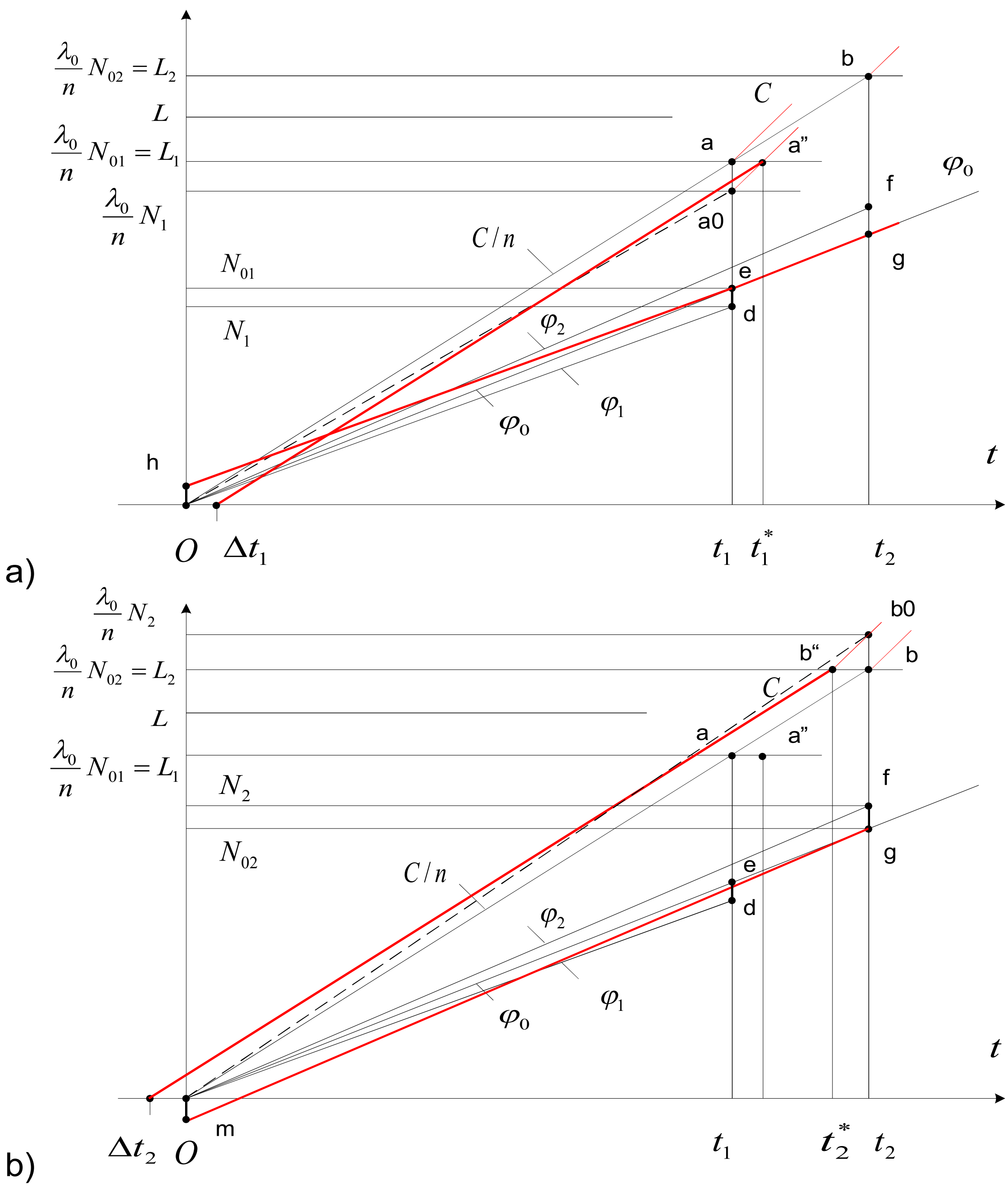

Рис.2

Фотоны s1. s2, **идущие позже или раньше** первых фотонов (Рис.1), входят в воду с различными начальными фазами. В момент $t = 0$, когда в воду входят фотоны первого волнового фронта (Рис.3) , фотоны волнового фронта 2, отстающего на $0.25\lambda_0$, имеют фазу 0.5π , фотоны волнового фронта 3, отстающего в воздухе на $0.5\lambda_0$, имеют фазу π и так далее. За время, пока фотоны приближаются к трубам с водой, их фазы изменяются со скоростью $\dfrac{2\pi}{T_0}$. В воду

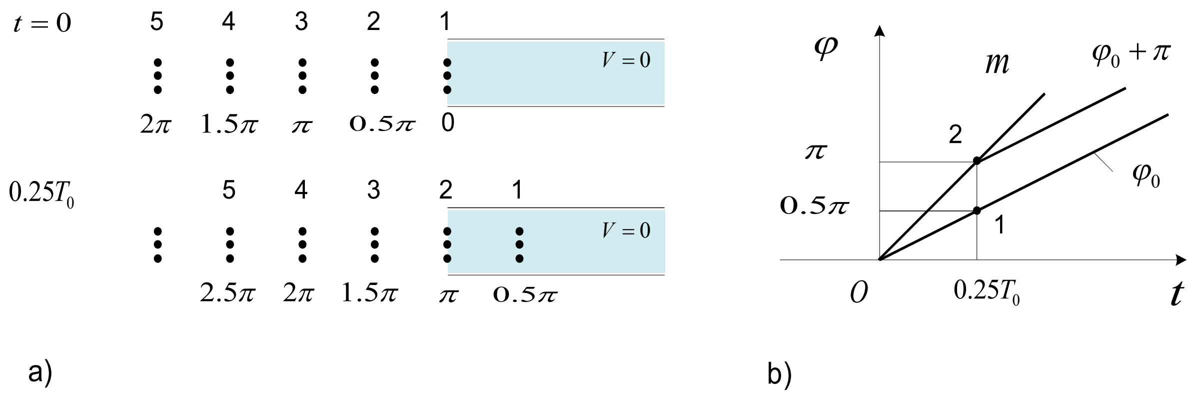

Рис.3

фотоны входят с различными начальными фазами (волновой фронт 2 , например, входит с начальной фазой π , Рис.3,b).

Первые фотоны луча 1 оказываются несинхронными с фотонами луча 2 из-за того, что

- в фотонах луча 1 совершается на $de = N_{01} - N_1$ меньше колебаний (Рис.2,a) и
- в фотонах луча 2 совершается на $de = N_{01} - N_1$ больше колебаний (Рис.2,b).

Синхронными оказываются другие фотоны лучей 1 и 2, которые

- в луче 1 входят в воду на $\Delta t_1 = \dfrac{\Delta\lambda_1 N_1}{C}$ позже с начальной фазой $2\pi(N_{01} - N_1)$ и с фазой $2\pi N_{01}$
  выходят из воды на Δt_1 позже (**Oh** = **de**, прямая **he** параллельна **Od** - Рис.2,a) ,
- в луче 2 входят в воду с начальной фазой $-2\pi(N_2 - N_{02})$ на $\Delta t_2 = \dfrac{\Delta\lambda_2 N_2}{C}$ раньше и на Δt_2
  раньше выходят из воды с фазой $2\pi N_{02}$. (**Om** = **fg** , прямая **mg** параллельна **Of** - Рис.2,b)

За промежуток времени $\Delta t_1 = t_1^* - t_1$ первые фотоны луча 1 успевают со скоростью C пройти в воздухе расстояние $C\Delta t = aOa = \Delta\lambda_1 N_1$, то есть синхронные фотоны луча 1 отстают в воздухе от первых фотонов на расстояние $\Delta\lambda_1 N_1 = \dfrac{LV}{n\left(\dfrac{C}{n} + V\right)}$. Синхронные фотоны луча 2 в воздухе опережают первые фотоны на расстояние $\Delta\lambda_2 N_2 = \dfrac{LV}{n\left(\dfrac{C}{n} - V\right)}$. В результате этого смещение уменьшается от $\delta_V = \frac{C(t_2 - t_1)}{\lambda_0} = \frac{2LVC}{\lambda_0\left(\frac{C}{n}+V\right)\left(\frac{C}{n}-V\right)}$ на $\frac{\Delta\lambda_1 N_1}{\lambda_0} + \frac{\Delta\lambda_2 N_2}{\lambda_0} = \frac{2LVC}{\lambda_0 n^2\left(\frac{C}{n}+V\right)\left(\frac{C}{n}-V\right)}$

и равно смещению δ, которое Физо наблюдал в эксперименте:

$$\delta = \frac{2LVC}{\lambda_0\left(\frac{C}{n}+V\right)\left(\frac{C}{n}-V\right)} - \frac{2LVC}{\lambda_0 n^2\left(\frac{C}{n}+V\right)\left(\frac{C}{n}-V\right)} = \delta_V\left(1-\frac{1}{n^2}\right)$$

В заключение важно подчеркнуть, что решение проблемы эксперимента Физо оказывается возможным только при условии, что луч света рассматривается как последовательность волновых фронтов, движущихся со скоростью $\frac{C}{n}$ и состоящих из фотонов одинаковой фазы, и частоты фотонов изменяются только в соответствии с классическим, а не релятивистским эффектом Доплера.