

Определение смещения полос в интерферометре Физо с движущейся водой.

Соколов Геннадий, Соколов Виталий.

gennadiy@vtmedicalstaffing.com

В данной работе показано, что эксперимент Физо имеет чисто классическое объяснение и противоречит специальной теории относительности.

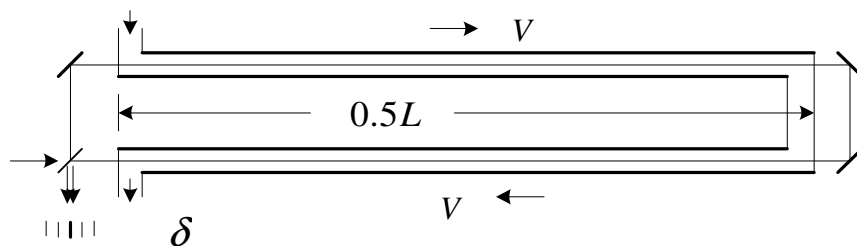


Рис.1

Вместо реальной схемы эксперимента (Рис.1) удобнее рассмотреть эквивалентную схему Рис.2, в которой интерферирующие лучи идут в двух одинаковых трубах со встречным движением воды и фотоны частоты ν_0 входят в воду с одинаковой фазой колебаний, равной нулю.

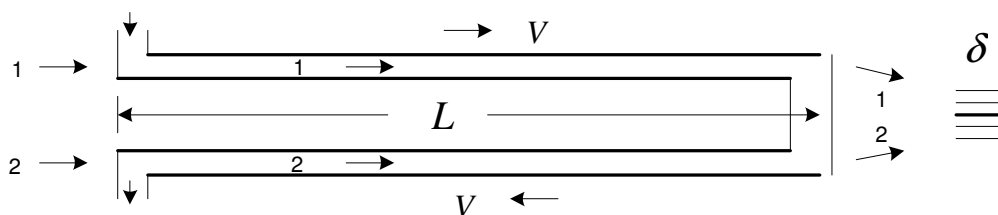


Рис.2

1. Предположим, что частота не изменяется и лучи идут в воде с ν_0 и T_0 .

При $V = 0$ лучи идут относительно воды и интерферометра со скоростью $\frac{C}{n}$ и расстояние L проходят за одинаковое время $t_0 = \frac{Ln}{C}$. Лучи идут с длиной волны $\frac{C}{n}T_0 = \frac{\lambda_0}{n}$ и за время t_0 в каждом фотоне совершаются одинаковые количества колебаний $N_0 = \frac{t_0}{T_0} = \frac{Ln}{CT_0}$. Фотоны входят в воду на одинаковом расстоянии от экрана, проходят в воде одинаковые расстояния L и с одинаковой фазой выходят из воды на одинаковом расстоянии от экрана (Рис.). Интерференционные полосы находятся в исходном положении ($\delta = 0$).

Когда вода в трубах движется со скоростью V , свет полностью увлекается движущейся водой и лучи относительно интерферометра идут со скоростями $\frac{C}{n}+V$ и $\frac{C}{n}-V$. Расстояние L фотоны проходят за промежутки времени

$$t_1 = \frac{L}{\frac{C}{n}+V} \text{ и } t_2 = \frac{L}{\frac{C}{n}-V} \text{ и за эти промежутки времени в них совершаются}$$

$$N_{10} = \frac{t_1}{T_0} = \frac{L}{\left(\frac{C}{n}+V\right)T_0} \text{ и } N_{20} = \frac{t_2}{T_0} = \frac{L}{\left(\frac{C}{n}-V\right)T_0} \text{ колебаний.}$$

В общепринятом расчете предполагается, что в движущейся воде лучи идут с тем же периодом T_0 и поэтому относительно интерферометра за время T_0 проходят расстояния $\left(\frac{C}{n}+V\right)T_0 = \frac{\lambda_0}{n}+VT_0$ в трубе 1 и $\left(\frac{C}{n}-V\right)T_0 = \frac{\lambda_0}{n}-VT_0$ в трубе 2, то есть из-за увлечения водой длины волн изменяются на $+VT_0$ или $-VT_0$. То есть предполагается, что «частота не изменяется, а изменяются лишь

длины волн», что увлечение света водой приводит лишь к «растягиванию» или «сжатию» длин волн, как это происходит со звуковыми волнами, когда звук входит в движущуюся среду и идет в среде с тем же периодом колебаний. Но это означает, что свет идет в воде с измененными длинами волн $\frac{\lambda_0}{n}+VT_0$ и $\frac{\lambda_0}{n}-VT_0$, и

движущиеся с водой наблюдатели видят, что лучи имеют частоты $\frac{\left(\frac{\lambda_0}{n}+VT_0\right)n}{C}$ и

$\frac{\left(\frac{\lambda_0}{n}-VT_0\right)n}{C}$, зависящие не только от скорости V , но и от показателя преломления n движущейся среды, что очевидно противоречит экспериментам.

Предположение о том, что лучи идут с частотой ν_0 и периодом T_0 **может означать** только то, что в движущейся воде лучи идут с длиной волны $\frac{C}{n}T_0 = \frac{\lambda_0}{n}$.

Фотоны луча 1 с длиной волны $\frac{\lambda_0}{n}$ за время t_1 проходят в воде расстояние $L_1 = \frac{C}{n}t_1 = L \frac{C}{n\left(\frac{C}{n}+V\right)}$, меньшее на $\frac{LV}{\left(\frac{C}{n}+V\right)} = Vt_1$, чем L (Рис.). За это время

в них совершаются $N_{10} = \frac{t_1}{T_0} = \frac{L_1}{\frac{\lambda_0}{n}} = \frac{LC}{\lambda_0 \left(\frac{C}{n} + V \right)}$ колебаний и фотоны выходят из

воды с фазой $\varphi_{10} = 2\pi N_{10} = 2\pi \frac{L_1 n}{\lambda_0}$.

Фотоны луча 2 с длиной волны $\frac{\lambda_0}{n}$ за время t_2 проходят в воде расстояние $L_2 = \frac{C}{n} t_2 = L \frac{C}{n \left(\frac{C}{n} - V \right)}$, большее на $\frac{LV}{\left(\frac{C}{n} - V \right)} = Vt_2$, чем L . За это время в них

совершаются $N_{20} = \frac{t_2}{T_0} = \frac{L_2}{\frac{\lambda_0}{n}} = \frac{LC}{\lambda_0 \left(\frac{C}{n} - V \right)}$ колебаний и фотоны выходят из воды с

фазой $\varphi_{20} = 2\pi N_{20} = 2\pi \frac{L_2 n}{\lambda_0}$.

Фазы фотонов φ_{10} и φ_{20} в момент выхода из воды однозначно определяются пройденными в воде расстояниями L_1 и L_2 . Справедливо и обратное: **расстояния, пройденные фотонами в воде, определяются фазами, с которыми фотоны выходят из воды.** Необходимо подчеркнуть, что эти утверждения справедливы только при условии, что лучи не изменяют частоту и идут в воде с одинаковой частотой ν_0 .

Фотоны идут с длиной волны $\frac{\lambda_0}{n}$, то есть за время T_0 проходят расстояния $\frac{\lambda_0}{n}$, но за это время из-за увлечения света движущейся водой каждое колебание смещается относительно интерферометра в направлении движения воды на расстояние VT_0 . За времена t_1 и t_2 фотоны смещаются на расстояния

$N_{10} VT_0 = \frac{LV}{\left(\frac{C}{n} + V \right)} = Vt_1$ и $N_{20} VT_0 = \frac{LV}{\left(\frac{C}{n} - V \right)} = Vt_2$ и поэтому проходят

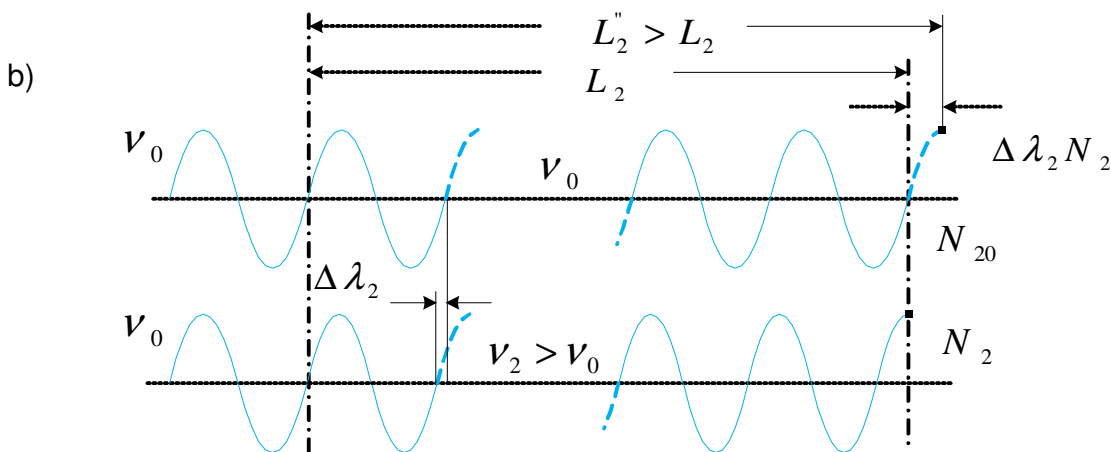
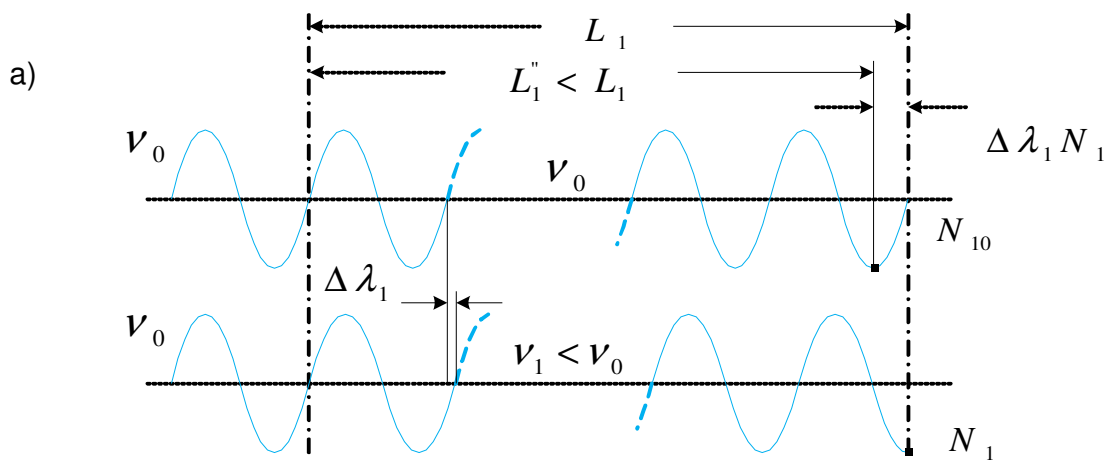
относительно интерферометра одинаковые расстояния $L_1 + Vt_1 = L$, $L_2 + Vt_2 = L$. То есть, хотя фотоны проходят в воде разные расстояния L_1 и L_2 , в моменты t_1 и t_2 они выходят из воды на одинаковом расстоянии от экрана, как и при неподвижной воде, и смещение интерференционных полос определяется просто по

разности времен выражением $\delta_\nu = \frac{C\Delta t}{\lambda_0}$.

2. На самом деле лучи идут не с ν_0 и T_0 , а с частотами $\nu_1 = \nu_0(1 - \frac{V}{C})$, $\nu_2 = \nu_0(1 + \frac{V}{C})$ и периодами $T_1 = T_0 \frac{C}{C - V}$, $T_2 = T_0 \frac{C}{C + V}$.

За время t_1 в фотонах луча 1 совершаются $N_1 = \frac{t_1}{T_1} = \frac{L_1}{\lambda_1} = \frac{L(C - V)}{\lambda_0 \left(\frac{C}{n} + V \right)} < N_{10}$

колебаний и из воды они выходят с фазой $\varphi_1 = 2\pi N_1 = 2\pi \frac{L_1}{\lambda_1}$ (Рис.3,а).



За время t_2 в фотонах луча 2 совершаются $N_2 = \frac{t_2}{T_2} = \frac{L_2}{\lambda_2} = \frac{L(C + V)}{\lambda_0 \left(\frac{C}{n} - V \right)} > N_{20}$

колебаний и из воды они выходят с фазой $\varphi_2 = 2\pi N_2 = 2\pi \frac{L_2}{\lambda_2}$ (Рис.3,б).

Из-за изменения частот от ν_0 до ν_1 и ν_2 фотоны выходят из воды не с фазами $\varphi_{10} = 2\pi \frac{L_1 n}{\lambda_0} = 2\pi \frac{LC}{\lambda_0 \left(\frac{C}{n} + V \right)}$ и $\varphi_{20} = 2\pi \frac{L_2 n}{\lambda_0} = \frac{LC}{\lambda_0 \left(\frac{C}{n} - V \right)}$,

а с измененными фазами

$$\varphi_1 = 2\pi \frac{L_1}{\lambda_1} = 2\pi \frac{L(C-V)}{\lambda_0 \left(\frac{C}{n} + V \right)} < \varphi_{10} \quad \text{и} \quad \varphi_2 = 2\pi \frac{L_2}{\lambda_2} = 2\pi \frac{L(C+V)}{\lambda_0 \left(\frac{C}{n} - V \right)} > \varphi_{20}.$$

Фазам φ_{10} и φ_{20} соответствуют расстояния в воде L_1 и L_2 . Так как из-за увлечения движущейся водой фотоны дополнительно смещаются на расстояния Vt_1 и Vt_2 , они выходят на одинаковом расстоянии от экрана и смещение интерференционных полос равно $\delta_V = \frac{C\Delta t}{\lambda_0}$.

Фазе φ_1 соответствует расстояние L_1'' , на $\Delta L_1''$ меньшее чем L и фазе φ_2 соответствует расстояние L_2'' , на $\Delta L_2''$ большее чем L , то есть из-за изменения частот фазы изменяются так, как будто точки выхода фотонов из воды сместились на $\Delta L_1''$ назад в луче 1 и на $\Delta L_2''$ вперед в луче 2. Так как обусловленные увлечением света смещения Vt_1 и Vt_2 остаются теми же, смещение интерференционных полос уменьшается от $\delta_V = \frac{C\Delta t}{\lambda_0}$ до $\delta = \delta_V - \frac{\Delta L_1'' + \Delta L_2''}{\lambda_0}$.

Фотоны идут в воде с длинами волн $\lambda_1 = \frac{C}{n} T_1 = \frac{\lambda_0}{n} + \frac{\lambda_0 V}{n(C-V)} = \frac{\lambda_0}{n} + \Delta\lambda_1$ и $\lambda_2 = \frac{C}{n} T_2 = \frac{\lambda_0}{n} - \frac{\lambda_0 V}{n(C+V)} = \frac{\lambda_0}{n} - \Delta\lambda_2$, то есть из-за изменения частот от ν_0 до ν_1 и ν_2 каждое колебание дополнительно смещается относительно интерферометра на $\Delta\lambda_1 = \frac{\lambda_0}{n} \frac{V}{(C-V)}$ в луче 1 и на $\Delta\lambda_2 = \frac{\lambda_0}{n} \frac{V}{(C+V)}$ в луче 2. На расстояниях L_1 и L_2 накапливаются смещения $\Delta L_1'' = \Delta\lambda_1 N_1 = \frac{LV}{n \left(\frac{C}{n} + V \right)}$ и $\Delta L_2'' = \Delta\lambda_2 N_2 = \frac{LV}{n \left(\frac{C}{n} - V \right)}$.
Суммарное смещение равно $\Delta L_1'' + \Delta L_2'' = \frac{LV}{n} \frac{\frac{C}{n} + V + \frac{C}{n} - V}{\left(\frac{C}{n} + V \right) \left(\frac{C}{n} - V \right)} = \frac{2LVC}{n^2 \left(\frac{C}{n} + V \right) \left(\frac{C}{n} - V \right)}$.

Результирующее смещение полос в интерферометре Физо с учетом доплеровского изменения частот оказывается равным

$$\delta = \delta_v - \frac{\Delta L_1'' + \Delta L_2''}{\lambda_0} = \frac{2LVC}{\lambda_0 \left(\frac{C}{n} + V\right) \left(\frac{C}{n} - V\right)} - \frac{2LVC}{n^2 \lambda_0 \left(\frac{C}{n} + V\right) \left(\frac{C}{n} - V\right)} = \delta_v \left(1 - \frac{1}{n^2}\right).$$

Смещение полос в интерферометре с движущейся водой определяется не выражением $\delta_v = \frac{2LVC}{\lambda_0 \left(\frac{C}{n} + V\right) \left(\frac{C}{n} - V\right)}$, как утверждает теория относительности, а

выражением $\delta = \delta_v \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$, подтверждаемым всеми экспериментами, то есть эксперимент Физо противоречит специальной теории относительности.