

Идея эксперимента

Неинвариантные свойства пространственно-временного континуума могут быть обнаружены в экспериментах оптики движущихся сред, когда не существует одной ИСО, в которой все элементы интерферометра покоятся. Это условие реализуется в интерферометрах Хека и Физо, в которых свет распространяется в движущейся среде. В случае, когда интерферометры движутся относительно выбранной ИСО, поворот может приводить к вариации положения интерференционных полос. Амплитуда вариации пропорциональна скорости движения интерферометра, однако эффект угловой зависимости является эффектом более высокого порядка малости по сравнению с классическим эффектом увлечения. Поэтому данное явление не могло быть обнаружено в ранних экспериментах.

Рассмотрим интерферометр, аналогичный интерферометру Физо, в ИСО, относительно которой он имеет скорость v (Рис.1). Световой луч от лазера L делится на два луча, которые проходят через трубки с движущейся водой. Ограничимся случаем, когда лучи света проходят трубки один раз (Рис.1). Скорости воды в ИСО интерферометра соответствует величина \vec{u} , $\beta_{2n} = \pm u/c$, c - скорость света в вакууме. Нормальному падению лучей соответствуют инварианты $I_t = k_t = k_0 \sin \vartheta_0 = 0$, $-I_1 = \omega_1(1 - \beta)$, здесь ω_1 - частота излучателя в ИСО наблюдателя. [1].

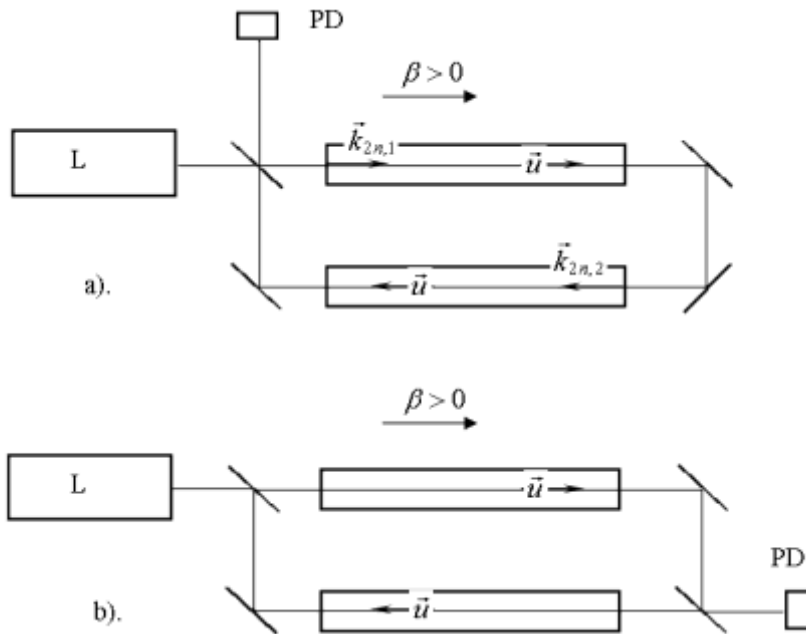


Рис. 1. Схема и однопроходного интерферометра, в котором свет от лазера L распространяется в движущейся со скоростью \vec{u} среде. Регистрация ИК происходит на фотодетекторе PD . Скорость \vec{u} задается в ИСО наблюдателя. Интерферометр движется со скоростью \vec{v} вправо ($\beta = v/c > 0$) или влево ($\beta < 0$) относительно ИСО наблюдателя.

Тогда волновому вектору преломленного луча соответствует

$$k_{2n} = \frac{\omega_1}{c} (1 - \beta) \frac{\beta + (n_2^2 - 1) \frac{\beta - \beta_{2n}}{1 - \beta_{2n}^2} + n_2}{1 - \beta^2 - (n_2^2 - 1) \frac{(\beta - \beta_{2n})^2}{1 - \beta_{2n}^2}}. \quad (3)$$

Здесь u - скорость в ИСО, относительно которой интерферометр движется. В ИСО интерферометра эта скорость будет равна u' , причем

$$\beta_{2n} = \frac{\beta + \beta'_{2n}}{1 + \beta\beta'_{2n}}. \quad (4)$$

Подставив в (3), получим

$$k_{2n,1} = \frac{\omega_1}{c} \frac{\beta + \beta'_{2n} - n_2^2 \beta'_{2n} (1 + \beta\beta'_{2n}) + n_2 (1 - \beta_{2n}'^2)}{(1 + \beta)(1 - n_2^2 \beta_{2n}'^2)}, \quad (5)$$

Для второго луча в выражении знак перед β_{2n} изменяется.

Разность хода лучей будет зависеть от времени распространения света в противоположных направлениях

$$\Delta_0 = \frac{c}{\lambda} (t_2 - t_1) = \frac{lc}{\lambda \omega_0} (k_{2n,2} - k_{2n,1}) = \frac{2l}{\lambda_1} \frac{\beta'_{2n} (n_2^2 - 1)}{(1 + \beta)(1 - n_2^2 \beta_{2n}^2)}. \quad (6)$$

Вследствие эффекта Доплера длина волны здесь равна $\lambda_1 = \lambda_0 \sqrt{\frac{1 - \beta}{1 + \beta}}$. Учтем также кинематический сдвиг интерферометра, в результате чего путь в среде увеличивается $l = l_1 / (1 - \beta)$, а также эффект сокращения длины $l_1 = l_0 \sqrt{1 - \beta^2}$. Результирующий сдвиг ИК равен

$$\Delta = \frac{2l_0}{\lambda_0} \frac{\beta'_{2n} (n_2^2 - 1)}{(1 - \beta)(1 - n_2^2 \beta_{2n}^2)}. \quad (7)$$

Разность в показаниях интерферометров при $\beta = 0$ и $\pm \beta \neq 0$ будет равна

$$\Delta \pm \Delta_0 / 2 \approx \pm \beta \Delta_0. \quad (8)$$

Для параметров опыта Физо [2] $l = 1,4875 \lambda$, $u = 7,059 \text{ м/с}$, $\lambda = 0,526 \text{ мкм}$, $n_2 \approx 1,33$ получаем $\Delta_0 = 0,170$. В опыте Физо наблюдалось смещение $\Delta = 0,23$, что объясняется тем, что скорость воды в центре трубки была выше, чем использованное в расчетах среднее значение по сечению u .

Таким образом, максимальные вариации смещения полос в интерферометре, движущемся относительно Солнца с $\beta \cong 10^{-4}$, при повороте интерферометра могли бы иметь порядок величины $\delta\Delta = \pm \beta \Delta_0 = \pm 1,7 \times 10^{-5}$ полосы без учета влияния дисперсии в движущейся среде. То есть суммарное смещение ИК могло бы быть на уровне $\delta\Delta_{\Sigma} = 3,4 \times 10^{-5}$. Если взять скорость движения Земли относительно Галактики ($v = 250 \dots 300 \text{ км/с}$), или относительно реликтового излучения ($v = 700 \text{ км/с}$) величина вариаций увеличится на порядок $\delta\Delta_{\Sigma} = 7,8 \times 10^{-4}$, но все равно будет меньше достигнутой к тому времени точности измерений, находящейся не намного лучше 0,1 интерференционной полосы.

Однако, в реальной схеме опыта Физо, световые лучи проходили трубки дважды в противоположных направлениях, в результате чего суммарный эффект уменьшался. Расчет сдвига ИК для этого случая был выполнен в работах [3], [4] с учетом дисперсии в материале. Для опыта Майкельсона-Морли расчет также был сделан с учетом дисперсии [5], [6]. Результат опыта Майкельсона-Морли, а также любого эксперимента, в котором все элементы интерферометра покоятся в некоторой ИСО, должен быть отрицательным. Это связано с компенсацией влияния на сдвиг ИК кинематических и электродинамических эффектов.

Приведенная выше ненулевая оценка вариации в смещении ИК, обусловлена наличием в схеме оптических элементов (трубок с водой), вносящих анизотропию в скорость распространения света в интерферометре. Такая анизотропия нарушает полную компенсацию различных эффектов и дает ненулевой эффект второго порядка малости по сравнению со сдвигом полос вследствие классического эффекта Физо.

С другой стороны, измерение смещения интерференционных полос указанной величины ($\delta\Delta_{\Sigma} = 10^{-4} \dots 10^{-5}$ полосы) вполне реализуемо на современной технической базе, и открывает путь для экспериментального поиска анизотропии. Поэтому можно предложить схему двухлучевого интерферометра, аналогичного интерферометру Физо, в котором световые лучи распространяются через вращающийся оптический диск в противоположных направлениях. Такой интерферометр был использован для исследования эффекта увлечения света во вращающемся ОД [4], [7].

Литература

- [1]. Bolotovskii, B.M. & Stolyarov S.N. Reflection of light from a moving mirror and related tasks. *Sov. Phys. Usp.*, 1989. V.32, pp.813-838.

- [2]. d'Fizeau, H. Sur les hypotesis relatives a l'ether lumineux, et sur une experience qui parait demonter que le mouvement des corps change la vitesse avec laquelle la lumiere se propage dans leur interieur. Ann. Chim. Phys. 1859. V.57, p.385.
- [3]. Gladyshev V., Gladysheva T., Zubarev V., Podguzov G.V. On possibility of a new 3D experimental test of moving media electrodynamics// Proceedings of International Meeting PIRT-2005, Moscow: BMSTU, 2005. –pp.202-207.
- [4]. Гладышев В.О., Гладышева Т.М., Дашко М., Трофимов Н., Шарандин Е.А. Анизотропия пространства скоростей электромагнитного излучения в движущихся средах// Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. 2006, Т.3, №2(6), с.173-187.
- [5]. Gladyshev V.O., Gladysheva T.M., LeI'kov M.V., Morozov A.N., G.V. Podguzov, Zubarev V.Ye. Michelson-Morley experiment in the light of electrodynamics for moving media // II Proceedings British Soc. Phil. Science "Phys. Interpr. Relativity Theory". Imperial College. London. PD Publications, Liverpool. 2004, pp.176-182.
- [6]. Гладышев В.О., Лельков М.В., Морозов А.Н., Гладышева Т.М., Глазкова Л.Ю. Математическая модель интерферометра Майкельсона с подвижным зеркалом с учетом эффектов оптики движущихся сред//Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Серия «Естественные науки». 2004, №4, с.24-39.
- [7]. Гладышев В.О., Гладышева Т.М., Дашко М., Трофимов Н., Шарандин Е.А. Первые результаты измерения зависимости пространственного увлечения света во вращающейся среде от скорости вращения// Письма в ЖТФ, 2007. Т.33, №21, с.17-24.