
Опыт Майкельсона -- Морли

Главное затруднение при проверке гипотезы эфира — это необходимость очень точно измерить величину скорости света. К концу XIX века были разработаны в высшей степени прецизионные интерферометры. Майкельсон и Морли использовали это обстоятельство, чтобы измерить с высокой точностью не саму скорость света, а отношение величин скорости света в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Как мы увидим, это отношение также в принципе может служить для проверки гипотезы эфира.

Экспериментальная установка Майкельсона и Морли схематически изображена на фиг. 3. Свет проходит через полупрозрачное посеребренное зеркало, расположенное в точке *A*. Часть луча распространяется до зеркала *B*, находящегося на расстоянии l_1 от *A*, и отражается обратно. Другая часть луча, дойдя до зеркала *C*, расположенного на расстоянии l_2 от *A*, также отражается обратно. Оба луча вновь встречаются в точке *A* и вместе приходят в точку *D* (фиг. 3), где возникает интерференционная картина. Подсчитывая интерференционные полосы, можно чрезвычайно точно измерить разность оптических путей этих лучей.

Если бы Земля покоилась относительно эфира, а путь l_1 был равен l_2 , то в *D* наблюдалась бы усиливающая интерференция. Допустим, однако, что $l_1 \neq l_2$ и что Земля движется в направлении оси *x* со скоростью *u*. Время, которое требуется свету на путь от *A* до *B* и обратно, определяется, как и в опыте Физо с зубчатым колесом, по формуле (3.2):

$$t_1 = \frac{2l_1}{c} \cdot \frac{1}{1 - (u/c)^2} \approx \frac{2l_1}{c} \left(1 + \frac{u^2}{c^2} + \dots \right). \quad (4.1)$$

Пусть время, необходимое свету для распространения от A до C и обратно, равно t_2 . Отметим, что пока свет идет от A до C , зеркало в точке C проходит относительно эфира путь $d = ut_2/2$ в направлении оси x . Подобным же образом при возвращении света зеркало в точке A проходит такое же расстояние в направлении оси x . Тогда, согласно теореме Пифагора, полная длина пути светового луча (туда и обратно) равна

$$L_2^2 = 2 \sqrt{l_2^2 + \frac{u^2 t_2^2}{4}}. \quad (4.2)$$

Учитывая, что скорость света в эфире равна c , получаем

$$t_2 = \frac{2}{c} \sqrt{l_2^2 + \frac{u^2 t_2^2}{4}}, \quad (4.3)$$

$$t_2^2 \left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right) = \frac{4l_2^2}{c^2}, \quad (4.4)$$

$$t_2 = \frac{2l_2}{c} \frac{1}{\sqrt{1 - (u/c)^2}} \approx \frac{2l_2}{c} \left(1 + \frac{u^2}{2c^2} + \dots\right). \quad (4.5)$$

Отсюда разность времен равна

$$\Delta t = t_1 - t_2 = \frac{2}{c} \left(\frac{l_1}{1 - (u/c)^2} - \frac{l_2}{\sqrt{1 - (u/c)^2}} \right). \quad (4.6)$$

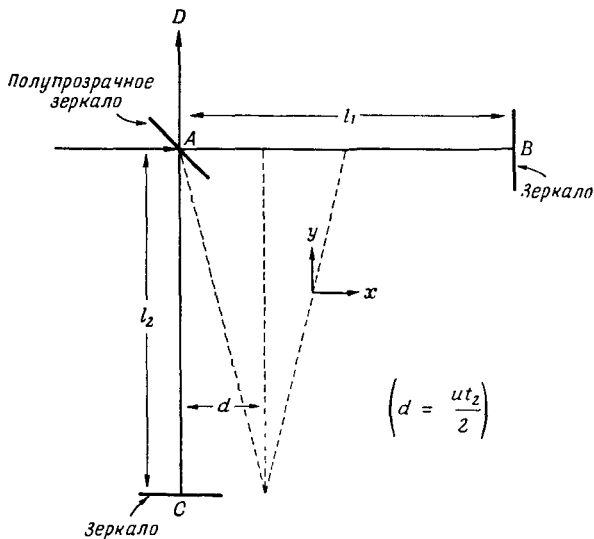
Если $l_1 = l_2$, как это и было в действительности, то

$$\Delta t \approx \frac{2l_1}{c} \left(1 + \frac{u^2}{c^2} - 1 - \frac{u^2}{2c^2}\right) = \frac{l_1}{c} \frac{u^2}{c^2}. \quad (4.7)$$

Конечно, величина Δt пропорциональна сдвигу интерференционной полосы.

Предположим теперь, что мы повернули всю установку на 90° . Тогда должна измениться и интерференционная картина. Производя такое вращение установки, можно было бы наблюдать постепенно изменяющийся сдвиг интерференционных линий, положения максимума и минимума которых указали бы направление движения Земли относительно эфира. По величине сдвига можно было бы вычислить саму величину скорости движения Земли u .

Конечно, случайно могло бы оказаться, что в момент проведения опыта Земля покоится относительно эфира. Тогда при вращении экспериментальной установки не наблюдалось бы заметных изменений. Подождав же 6 месяцев, мы оказались бы в том состоянии, когда скорость



Фиг. 3.

Земли относительно эфира составляет около 60 км/сек, и тогда сдвиг полос наблюдался бы.

Так как предсказываемый сдвиг полос пропорционален u^2/c^2 , он чрезвычайно мал. Однако установка Майкельсона и Морли была достаточно чувствительной для того, чтобы обнаружить предсказываемый сдвиг. Тем не менее, когда опыт был проведен, его результат оказался отрицательным с точностью, допускаемой экспериментом. Ни в какое время года не наблюдалось сдвига интерференционных полос. Более точные опыты того же рода, поставленные позднее, также подтвердили результаты Майкельсона и Морли.