

Преобразование Лоренца в искривленном пространстве

Якубовский Е.Г.

e-mail yakubovski@rambler.ru

При распространении света в вращающемся оптическом волокне, имеющем форму окружности, скорость света иногда складывается со скоростью вращающейся окружности по формуле сложения скоростей Галилея. Кроме того, астрономические наблюдения подтверждают наличие превышение скорости света для движения небесных тел в искривленном пространстве. В данной статье выведена формула, объясняющая этот факт.

Этот эффект наблюдается при распространении света в разных направлениях в случае вращающейся окружности. Скорость света в искривленном пространстве – вращающейся окружности равна $c + \Omega b, c - \Omega b$ при распространении в разных направлениях. В результате появляется запаздывание световой волны. В безразмерном виде это запаздывание определяется см. [1] формула (4.1.10)

$$\frac{c}{\lambda} \Delta t = \frac{4\pi}{\frac{c}{b\Omega} - \frac{\Omega b}{c}} \frac{b}{\lambda}$$

Где b радиус окружности, Ω частота вращения окружности, λ длина волны электромагнитного поля. При частоте, равной $\Omega = c/b$ запаздывание максимальное, т.е. реализуется преобразование координат Галилея. При

условиях $\frac{c}{b\Omega} \gg 1, \frac{c}{b\Omega} > \frac{b}{\lambda}$ или $\frac{\Omega b}{c} \gg 1, \frac{\Omega b}{c} > \frac{b}{\lambda}$ реализуется преобразование

Лоренца. При условиях $\frac{b}{\lambda} \gg \frac{c}{b\Omega} \gg 1$ или $\frac{b}{\lambda} \gg \frac{\Omega b}{c} \gg 1$ реализуется преобразование Галилея.

Такую формулу сложения скоростей можно объяснить, если ввести фазовую скорость по формуле $\frac{1}{c_F} = \frac{\alpha}{c}$, $\alpha = \exp\left[-\left(\frac{4\pi\Omega b}{c - \Omega^2 b^2 / c} \frac{b}{\lambda}\right)^2\right]$, которую

надо использовать в преобразовании Лоренца вместо скорости света в вакууме. Фазовая скорость в искривленном пространстве изменит свое значение и увеличится согласно закону $c_F = c \exp\left[\left(\frac{4\pi\Omega b}{c - \Omega^2 b^2 / c} \frac{b}{\lambda}\right)^2\right]$.

Отметим, что на время запаздывания при малых скоростях вращения изменение скорости света не сказывается. В самом деле существует формула Физо, определяющая фазовую скорость

$$c_F = c/n + V(1 - 1/n^2) = c/n + \Omega b(1 - 1/n^2).$$

Так как в данном случае малой частоты вращения фазовая скорость больше скорости света в вакууме имеем $n \ll 1$, имеем формулу

$$\Delta t = \frac{4\pi b^2 \Omega / n^2}{c^2 / n^2} = \frac{4\pi b^2 \Omega}{c^2}.$$

При формуле сложения скоростей Галилея частота не изменяет своего значения при малой добавки к фазовой скорости света. Величина фазы запаздывания не меняется, как и времени запаздывания, что и определяли в оптическом волокне. С точностью $c/c_F \ll 1$ результат измерения запаздывания сигнала в оптическом волокне при изменении фазовой скорости не сказывался. Фазовая скорость при этом изменилась существенно.

Когда же реализуется преобразование Галилея. При равенстве скоростей $\Omega b = c$. При этом скорость света может быть больше величины, стоящей вместо скорости света в вакууме в преобразовании Лоренца. При большом несовпадении этих скоростей $\Omega b = c$ реализуется преобразование Лоренца. При малой скорости вращения окружности наблюдается выполнение преобразований Лоренца. В случае большого радиуса кривизны определяющим является отношение частоты вращения к частоте электромагнитной волны. Для реализации формул Галилея необходимо, чтобы

частота вращения окружности была больше частоты света. В случае малого радиуса кривизны, но на много большего, чем длина электромагнитной волны выполняется преобразование Галилея.

Литература

1. Скалли М.О, Зубайри М.С. Квантовая оптика. М.: Физматлит, 2003г. 510с.