РАЗДЕЛ XVII. ФИЗИКА

Пылаев А.П.

О неудачной попытке Эйнштейна вывести формулы преобразования Лоренца

Снежинский физико-технический институт
(Россия, Снежинск)

doi: 10.18411/trnio-10-2021-78

Аннотация

Показано, что в своей широко известной работе «К электродинамике движущихся тел» Эйнштейн в попытке вывести формулы преобразования Лоренца путем предложенного им мысленного эксперимента проявил физически ошибочную трактовку этого эксперимента и недобросовестность.

Ключевые слова: принцип относительности, скорость света, инерциальные системы отсчета, пространство, координаты, время.

Abstract

It was shown that for explanation of experimental results on diffraction of micro particles it does not need to use the de Broglie wave's concept. Such the results can be described with the aid of the Heisenberg uncertainties relation. As for examples the known results of experiments conducted by C. Davisson and L. H. Germer on diffraction of electrons and by Rutherford on α particles scattering are considered.

Keywords: quantum number, electron diffraction, α -particles scattering, diffraction lattice, de Broglie waves.

Введение

Во второй половине XIX века многими лабораториями проводились интенсивные исследования, касающиеся распространения света [1]. Майкельсон и Морли в своем эксперименте [2] установили, что скорость света не зависит от скорости системы отсчета, в которой проводятся измерения. Нидерландский физик Лоренц на основании этого факта предположил [3], что движение материальных тел через эфир (принимаемый за абсолютную систему отсчета) сопровождается уменьшением размеров тел в направлении движения и получил формулы, связывающие пространственные координаты и время в инерциальных системах отсчета. Французский физик Пуанкаре назвал эти формулы преобразованиями Лоренца [4]. Лоренц получил эти формулы на основании анализа электромагнитных процессов, рассматриваемых из различных инерциальных систем отсчета. Эйнштейн, желая продемонстрировать свои способности, в работе [5] сделал попытку получить эти формулы с помощью предложенного им мысленного эксперимента, и в итоге своего рассмотрения он правильно записывает эти формулы. Но парадокс заключается в том, что 1) трактовка этого мысленного эксперимента ошибочна и 2) даже, если принять без анализа («на веру») эту трактовку как правильную, невозможно получить формулы Лоренца путем правильных алгебраических действий. То есть, Эйнштейн, зная эти формулы и не делая ссылку на работы Лоренца, продемонстрировал недобросовестность.

Мысленный эксперимент Эйнштейна

В §3 указанной выше работы Эйнштейн на основании принципа относительности и постоянства скорости света рассматривает две системы отсчета: неподвижную систему $K(x, y, z, t)$ и движущуюся относительно этой системы со скоростью v в направлении оси x систему $k(\xi, \eta, \zeta, \tau)$, так что оси ξ , η и ζ параллельны соответственно осям x , y и z .

Цитата из работы (5), стр. 14: «Если мы положим $x' = x - vt$, то ясно, что точка, покоящейся в системе k , будет принадлежать определенному, независимому от времени набору

значений x' , y , z ... Пусть из начала координат системы k в момент времени τ_0 посылается луч света вдоль оси X в точку x' и отражается оттуда в момент времени τ_1 назад, в начало координат, куда он приходит в момент времени τ_2 . Тогда должно существовать соотношение (у Эйнштейна отсутствует нумерация формул, для удобства изложения оба нижеследующих соотношения нами пронумерованы)

$$\frac{1}{2}(\tau_0 + \tau_2) = \tau_1, \quad (1)$$

или, выписывая аргументы функции τ и применяя принцип постоянства скорости света в покоящейся системе, имеем

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \left[\tau_0(0, 0, 0, t) + \tau_2 \left(0, 0, 0, \left\{ t + \frac{x'}{V-v} + \frac{x'}{V+v} \right\} \right) \right] = \\ = \tau_1 \left(x', 0, 0, t + \frac{x'}{V-v} \right). \end{aligned} \quad (2)$$

В приведенном соотношении V – скорость света в вакууме. Рассматриваемый мысленный эксперимент можно проиллюстрировать схемой, показанной на рисунке, где $K(x, y, z, t)$ – неподвижная система отсчета. Устройство, состоящее из излучателя (точка O) и отражателя света (точка A), с неизменным расстоянием между ними, движется со скоростью v в направлении оси x системы K . С этим устройством связывается система отсчета $k(\xi, \eta, \zeta, \tau)$.

Рисунок 1. Схема мысленного эксперимента.

Исходя из приведенной цитаты, следует считать, что x' – это расстояние между излучателем и отражателем, измеренное в системе K , а $x(t)$ – координата отражателя в этой системе, ибо только тогда будет справедливо соотношение, приведенное Эйнштейном: $x' = x - vt$. Поэтому непонятно, почему «луч света посылается в точку x' », а не в точку A .

Исходя из соотношения (1), Эйнштейн принимает, что световой сигнал при измерении в системе k проходит расстояние от излучателя к отражателю и обратно за равные промежутки времени, то есть в этом случае скорость света не зависит от движения системы отсчета. Однако, из соотношения (2) видно, что при измерении в системе K аналогичные промежутки времени у него не равны, то есть при движении луча света в одну сторону скорость равна $(V - v)$, а в противоположную – $(V + v)$. Но это противоречит результатам опытов Майкельсона-Морли, которые утверждают, что скорость света в вакууме не зависит от системы отсчета, а в указанном соотношении скорость луча света при движении в одну сторону меньше скорости света в вакууме, а в другую – больше. В этом и заключается ошибочная трактовка Эйнштейном своего мысленного эксперимента.

Математические манипуляции

Далее Эйнштейн, производя в соотношении (2) предельный переход:

$$x' \rightarrow 0,$$

получает уравнение, связывающее τ с x' и t :

$$\frac{\partial \tau}{\partial x'} + \frac{v}{V^2 - v^2} \frac{\partial \tau}{\partial t} = 0. \quad (3)$$

Решением этого уравнения является функция

$$\tau = a \left(t - \frac{v}{V^2 - v^2} x' \right). \quad (4)$$

В дальнейшем Эйнштейн находит, что $a = 1$, поэтому далее использоваться эта константа в выражениях не будет. Подставляя в (4)

$$\tau = \frac{\xi}{V} \text{ и } t = \frac{x'}{V - v},$$

он получает

$$\xi = \frac{x'}{1 - \frac{v^2}{V^2}}. \quad (5)$$

Далее он в выражения (4) и (5) вместо x' подставляет $x' = x - vt$ и выписывает следующие формулы, причем совершенно безосновательно помещая знаменатели выражений под квадратный корень и тем самым превращая то, что у него получилось, в формулы из преобразований Лоренца:

$$\tau = \frac{t - \frac{vx}{V^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{V^2}}}, \quad (6)$$

$$\xi = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{V^2}}}. \quad (7)$$

Но, следуя алгебраическим правилам, нельзя из выражений (4) и (5) посредством указанной подстановки получить выражения (6) и (7). Действительно, сделаем такую подстановку и в результате получим:

$$\begin{aligned} \tau &= t - \frac{v}{V^2 - v^2} x' = t - \frac{v}{V^2 - v^2} (x - vt) = t - \frac{vx}{V^2 - v^2} + \frac{v^2 t}{V^2 - v^2} = \\ &= \frac{V^2 t - v^2 t - vx + v^2 t}{V^2 - v^2} = V^2 \left(\frac{t - \frac{vx}{V^2}}{V^2 - v^2} \right) = \frac{t - \frac{vx}{V^2}}{1 - \frac{v^2}{V^2}}, \\ \xi &= \frac{x'}{1 - \frac{v^2}{V^2}} = \frac{x - vt}{1 - \frac{v^2}{V^2}}. \end{aligned}$$

Дело в том, что Лоренц опубликовал свои результаты, включающие преобразования координат и времени от одной инерциальной системы отсчета к другой, в 1904 году, а Эйнштейн данную работу – в 1905 году, поэтому поместить знаменатели выражений (6) и (7) под квадратный корень он мог, только зная эти формулы. В своей работе он попытался получить их с помощью описанного мысленного эксперимента, но когда у него это не получилось, он подтасовал результат, ибо не приходится подозревать его в совершении случайной алгебраической ошибки.

Заключение

Изложенные факты заставляют усомниться в научной добросовестности Эйнштейна, тем более что его статья «К электродинамике движущихся тел» не содержит ни одной ссылки на работы других авторов. Дело предстает таким образом, что у истоков специальной

теории относительности стоял только сам «великий» Эйнштейн. Однако проведенный анализ его мысленного эксперимента приводит к мысли, что он не совсем понимал истоки этой теории.

***

1. Принцип относительности. Сборник научных работ, составитель А. А. Тяпкин, Атомиздат, 1973.
2. Michelson A. A., Morley E. W. On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether. The American Journal of Science, III series, vol. 34, 1887.
3. Hendrik Lorentz. Electromagnetic phenomena in a system moving with any velocity smaller than that of light. Proceedings of the Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 6, 1904, pp. 809–831.
4. Пуанкаре А. О динамике электрона. Избранные труды, т. III, с. 429. Наука, Москва, 1974.
5. Альберт Эйнштейн. К электродинамике движущихся тел. Собрание науч-ных трудов, т. I, стр. 7-35. Наука, Москва, 1965.