



Виртуальный курс физики

Оптика

Лекция 17. Основы специальной теории относительности.

ТЕОРИЯ, ЗАДАЧИ, ПОДГОТОВКА К ЕГЭ

Уважаемые друзья!

Вы выбрали Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I и поступили, несомненно, правильно!

Наш университет основан в 1809 году. Это старейший инженерный транспортный вуз России. Это "особенный институт" - так в манифесте назвал его Император Александр I.

Для того, чтобы успешно пройти вступительные испытания и стать студентом одного из лучших технических вузов России, необходимо иметь высокую подготовку по физике.

Как правило, уровень подготовки выпускников школ не всегда соответствует требованиям, предъявляемым к поступающим в высшие учебные заведения. Повысить этот уровень и качественно подготовиться к вступительным испытаниям по физике в технический университет помогут преподаватели факультета довузовской подготовки.

Факультет довузовской подготовки организует и проводит курсы по подготовке к поступлению в вуз по программам, соответствующим требованиям ЕГЭ.

Занятия проводятся по очной и заочной формам обучения. Занятия по очной форме обучения проводятся в дневное время - с 16.25 (тел. [457-84-04](tel:457-84-04)), и в вечернее время - с 18.00 (тел. [457-87-83](tel:457-87-83)). Мы с удовольствием ответим на все Ваши вопросы.

Факультет довузовской подготовки

***Курс дистанционного обучения по физике
изложен в авторской редакции доцента
Петербургского государственного университе-
та путей сообщения Императора Александра I
Кытина Юрия Александровича***

ОПТИКА

Лекция 17.

Тема: Основы специальной теории относительности. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Относительность длин. Относительность длительности промежутков времени. Связь между массой и энергией. Релятивистский импульс.

17.1. Постулаты специальной теории относительности

Специальная теория относительности изучает движение тел со скоростями, близкими к скорости света в вакууме. В основе этой теории лежат два постулата:

первый постулат (принцип относительности): все физические явления (механические, электромагнитные и т. д.) в инерциальных системах отсчета при одних и тех же условиях протекают одинаково; *второй постулат (принцип постоянства скорости) света в вакууме:* во всех инерциальных системах отсчета скорость света в вакууме имеет одно и то же значение и не зависит от скорости движения источника света.

Первый постулат является обобщением механического принципа относительности на все физические явления, включая электромагнитные. В соответствии с этим все законы электродинамики и оптики справедливы во всех без исключения инерциальных системах отсчета.

Второй постулат находится в явном противоречии с законом сложения скоростей в классической механике. Однако большое число опытов, в которых были сделаны попытки найти зависимость скорости света c от характера движения источника света, показали, что эта скорость не зависит от скорости движения источника света в инерциальной системе отсчета и остается постоянной при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой.

17.2. Преобразования Лоренца

При переходе из одной инерциальной системы в другую преобразования координат тела в классической механике, описывающей

движение тел со скоростями $v \ll c$, осуществляются с помощью преобразований Галилея. В простейшем случае, когда система отсчета K' движется относительно неподвижной системы K со скоростью v_x вдоль оси OX , преобразования Галилея связывают между собой координаты x' и x тела в двух системах следующим образом:

$$x = x' + v_x t.$$

В специальной теории относительности эта связь устанавливается с помощью преобразований Лоренца, которые в случае движения вдоль оси OX имеют следующий вид:

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad y = y', \quad z = z', \quad t = \frac{t' + \left(\frac{v}{c^2}\right)x'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad y = y', \quad z = z', \quad t' = \frac{t - \left(\frac{v}{c^2}\right)x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

В этих преобразованиях x, y, z, t – координаты и время в неподвижной системе отсчета K ; x', y', z', t' – координаты и время в системе отсчета K' , движущейся со скоростью v относительно неподвижной системы.

В случае $v/c \ll 1$, т. е. при скоростях $v \ll c$, преобразования Лоренца переходят в преобразования Галилея.

17.3. Относительность длин

Из преобразований Лоренца следует, что длина тела зависит от скорости его движения. Пусть, например, стержень, находящийся в системе отсчета K' , движется вместе с этой системой относительно системы K . Длина стержня в системе K' , относительно которой стержень покоится,

$$l_0 = x'_2 - x'_1,$$

где x'_2 и x'_1 – координаты точек, определяющих концы стержня. Эта длина называется *собственной длиной*.

Длина стержня в системе отсчета K

$$l = x_2 - x_1,$$

где x_2 и x_1 – координаты точек, определяющие положение концов стержня в один и тот же момент времени в системе K .

Из преобразований Лоренца следует, что

$$x_2 - x_1 = (x'_2 - x'_1) \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}},$$

т. е.

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

Таким образом, линейные размеры тела, движущегося относительно инерциальной системы отсчета, уменьшаются в продольном направлении в $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ раз. Это уменьшение называется *лоренцевым сокращением длины*. Оно наблюдается при скоростях v , близких к скорости света c .

17.4. Относительность длительности промежутков времени

Длительность промежутков времени, т. е. время, прошедшее между двумя последовательными событиями, зависит от системы отсчета, в которой эти события происходят.

Из преобразований Лоренца следует, что промежутки времени τ_0 и τ между двумя событиями, измеренные в неподвижной $K'(\tau_0)$ и движущейся $K(\tau)$ системах отсчета связаны между собой соотношением

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Время τ_0 , измеренное в системе отсчета, в которой тело находится в состоянии покоя, называется *собственным временем*.

Таким образом, из этого соотношения следует, что часы, движущиеся относительно инерциальной системы отсчета, идут медленнее неподвижных часов и показывают промежуток времени, меньший по сравнению с собственным временем. Этот эффект называется *релятивистским замедлением времени* и становится заметным при скоростях v , близких к скорости света c . Эффект замедления времени

подтверждается многочисленными экспериментами с элементарными частицами.

17.5. Связь между массой и энергией. Релятивистский импульс

Связь между массой тела m и его полной энергией W устанавливается законом взаимосвязи массы и энергии

$$W = mc^2,$$

где c – скорость света в вакууме.

Полная энергия W_0 , которой тело обладает в состоянии покоя, называется *собственной энергией* тела, или *энергией покоя*. Эта энергия является внутренней энергией тела.

Полная энергия W тела, движущегося со скоростью v , имеет вид

$$W = W_0 + W_k,$$

где W_k – кинетическая энергия тела

$$W_k = W - W_0 = (m - m_0)c^2 = mc^2 \left(1 - \frac{m_0}{m} \right),$$

где m_0 – масса покоя; m – масса движущегося тела.

Вектор \mathbf{p} импульса тела в специальной теории относительности, так же как и в классической механике, определяется соотношением

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v},$$

где m – релятивистская масса, т. е. масса тела, движущегося со скоростью v :

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

где m_0 – масса покоя.

От авторов

Возникли трудности в усвоении теоретического курса или в его применении при решении конкретных задач, тестов – записывайтесь на наши курсы и мы поможем Вам подойти к экзамену во всеоружии.

Наш адрес:

190031, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 9, ПГУПС, факультет довузовской подготовки.

Наши телефоны отдела заочной формы обучения:

8 (931) 214-51-45;

8 (812) 457-88-07 .

