

# ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

**П. С. Шаповалов, В. И. Дробышевский**

*Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Специальная теория относительности (СТО) – раздел физики, описывающий законы механики и пространственно-временные отношения при скоростях, близких к скорости света в вакууме. СТО лежит в основе физической картины мира современной науки, современных представлений о пространстве и времени, и без знаний этой теории представление о физическом мире будут неполным.

При изучении СТО существуют методические проблемы подачи материала изучаемой теории [1]. Это связано со спецификой этой фундаментальной физической теории, а именно: сложный понятийный аппарат, предполагающий наличие определенных навыков абстрагирования, математическое описание, требующее высокого уровня подготовки студентов и сложность представления и визуализации процессов и экспериментов, объясняемых с позиций теории относительности. При изложении СТО в техническом вузе используется аксиоматический метод, предложенный А. Эйнштейном. Данный метод, несомненно, хорош при изложении на физических факультетах, когда у студентов имеются глубокие знания предшествующей классической механики. В техническом вузе, где на преподавание физики отводится меньше часов, более предпочтительным является использование исторической последовательности изложения.

СТО возникла в попытках согласования ньютоновской классической механики и максвелловской электродинамики, которая является релятивистской. Из опытов Майкельсона по обнаружению эфира следовало постоянство скорости света во всех инерциальных системах координат, что противоречит галилееву правилу сложения скоростей. Вместо галилеевого преобразования координат было предложено Лоренцево преобразование координат. При релятивистских скоростях преобразование Лоренца существенно отличается от галилеевых. Это приводит к возникновению эффектов, отсутствующих в классической механике: к замедлению времени и

сокращению длины в движущейся системе счисления, а также к нарушению синхронизации хода часов, расположенных в разных точках пространства, движущихся с разной скоростью. Из преобразования Лоренца также следует, что объекты не могут двигаться со скоростями большими, чем скорость света в вакууме, так как современная наука интерпретирует взаимодействие как обмен частицами. Например, сильное взаимодействие интерпретируется как обмен пи-мезонов, а слабое взаимодействие – векторных бозонов, из чего следует, что и взаимодействие не может распространяться со скоростями большими, чем скорость света.

Из преобразования Лоренца следует, что второй закон Ньютона приобретает вид:  $F = m_0 a / \sqrt{1 - \beta^2}$ . Для сохранения классического вида закона вводят релятивистскую массу  $m_r = m_0 / \sqrt{1 - \beta^2}$ , где  $m_0$  – масса покоя тела (масса неподвижного тела в системе),  $\beta = v/c$  ( $v$  – скорость тела,  $c$  – скорость света). Из данной формулы следует, что масса тела растет с ростом его скорости. Данное утверждение может вызвать у студентов, слабо знакомыми с физическим понятием массы, недоумения, так как в обыденном представлении масса идентична количеству вещества. В физическом представлении масса это мера инертности тел, т. е. коэффициент пропорциональности между силой и ускорением тела.

При изучении специальной теории относительности необходимо закрепить у учащихся представление о том, что преобразование Лоренца является следствием научных опытов по согласованию релятивистской электродинамики Максвелла и классической механики. Из преобразований Лоренца следуют релятивистские явления.

Рассмотрим систему координат, в которой две материальные точки, расстояния между которыми в данной системе фиксированы. Затем, используя преобразования Лоренца, переходим к системе координат, в которой исходная система движется с скоростью, близкой к скорости света. В новой системе координат расстояния между материальными точками уже равно:  $l = l_0 \sqrt{1 - \beta^2}$ , где  $l_0$  – расстояние в системе координат, в которой точки неподвижны;  $l$  – расстояние между точками в системе отсчета, в которой они движутся. Так как в этом случае  $l < l_0$ , то такое явление носит название релятивистского сокращения длины.

Аналогично рассматривают систему координат, в которой имеется неподвижная материальная точка и задан конечный промежуток времени  $\Delta t_0 = t_2 - t_1$ . Затем осуществляют переход с помощью преобразования Лоренца в систему координат, в которой точка движется. Тогда в этой системе координат промежуток времени равен  $\Delta t = \Delta t_0 / \sqrt{1 - \beta^2}$ . Так как  $\Delta t > \Delta t_0$ , то наблюдается эффект замедления времени движущегося тела. Для опровержения СТО его оппоненты приводят парадокс близнецов. Рассматривали двух близнецов, один из которых отправляется в космическое путешествие. По часам оставшегося близнеца часы путешествующего близнеца должны идти медленнее, и когда возвращается брат-путешественник, он должен быть моложе. Но в системе координат путешествующего брата близнец, оставшийся на Земле, является движущимся, и его время должно течь медленнее. В этом случае по возвращению уже моложе должен быть оставшийся на Земле близнец. Удовлетворительного объяснения данного парадокса, в современной науке нет. Существует объяснение, в котором предполагается, что собственное время тела инвариантно и не зависит от его скорости, а время в системе, в которой тело движется, – мнимое время.

Также необходимо при изложении СТО обратить внимание студентов, что полная энергия тела равна:  $E_r = m_0 c^2 / \sqrt{1 - \beta^2}$ , где  $E_0 = m_0 c^2$  – энергия покоя тела. Тогда

формула кинетической энергии движущегося тела приобретает вид

$E_r = m_0 c^2 \left[ 1/\sqrt{1-\beta^2} - 1 \right]$ , что существенно отличается от классического случая.

Из приведенного краткого изложения проблем СТО следует, что она и по сегодняшний день является сложной и не имеет достаточно простого логического объяснения. Поэтому необходимо донести до студентов актуальность и важность этой теории в научном понимании физического устройства мира.