

ОБЪЕКТИВНОСТЬ И НАБЛЮДАЕМОСТЬ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ЭЙНШТЕЙНА И ТЕОРИИ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ МАССЫ

Васильев Э.Ф.

*Васильев Эдуард Федорович - кандидат технических наук, пенсионер,
г. Сидней, Австралия*

Аннотация: в статье анализируются объективность, теоретическое и практическое значение, достаточность подтверждения экспериментом и опытом теории относительности и теории релятивистской массы, соответствие содержания основных образовательных программ по физике требованиям времени с предложениями их доработки.

Ключевые слова: специальная теория относительности, классическая физика Ньютона, релятивистская масса, принцип относительности Галилея и Эйнштейна.

УДК 530.121

В 1905 г. А. Эйнштейном впервые была представлена Специальная теория относительности в работе «К электродинамике движущихся тел» [1].

В 1909-1912 г.г. американскими физиками С.Г. Льюисом и Р.Ч. Толменом было введено понятие и разработана идея релятивистской массы, изменяющейся со скоростью по формуле $\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$, широко известной, как «релятивистская масса» в учебной и научно-популярной литературе и в наше время [2, 3].

Предпосылкой к созданию теории относительности явился результат обобщения и теоретического осмысления экспериментальных фактов и закономерностей в области электричества и магнетизма, изложенных в теории электромагнитных процессов знаменитого шотландского физика Д.Максвелла во второй половине XIX века. По отношению к принципу относительности Галилея, подразумевающего одинаковость координат и времени при переходе от одной инерциальной системы к другой, уравнения Максвелла оказались неинвариантными, что противоречило классической механике Ньютона.

Таким образом, в начале XX века появились две гипотезы, описывающие движение, законы механики и пространственно-временные отношения между различными инерциальными системами отсчета при произвольных скоростях движения, в том числе близких к скорости света.

Гипотеза представляет необходимое звено в развитии научного знания, но основным требованием к гипотезе является ее проверяемость, ее подтверждение экспериментом и опытом.

Прошло более 100 лет, что же произошло с проверяемостью и подтверждением этих гипотез?

Рассмотрим мысленный эксперимент с учетом указанных двух гипотез.

Три системы отсчета - Земля, Луна, космический аппарат на орбите Земли.

Я нахожусь в отеле г. Сочи и рядом стоит мой автомобиль. В моей системе отсчета скорость автомобиля равна 0, относительно меня автомобиль находится в состоянии покоя.

Один мой брат находится на Луне и, наблюдая за мной, видит, что Земля относительно его вертится, в связи с чем автомобиль относительно его перемещается с той же скоростью, имея энергию движения и импульс. Другой мой брат наблюдает за мной из космического аппарата на орбите Земли, видит то же самое, что и брат на Луне, но уже с другими значениями скорости, энергии движения и импульса.

Гипотеза релятивистской массы утверждает, что во всех трех случаях для наблюдателей величина массы будет разной, так как $M = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ т.е. величина массы зависит от системы

отсчета – сколько систем отсчета – столько значений массы автомобиля.

А что утверждает гипотеза теории относительности?

Основное соотношение Специальной теории относительности определяет связь массы с энергией и импульсом, которая сохраняется во всех системах отсчета [4].

$$E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4 [1], \text{ где: } p = \frac{vE}{c^2}$$

Величина $E^2 - p^2 c^2$ является инвариантной для всех трех указанных систем отсчета одновременно, а значит и масса автомобиля инвариантна. В состоянии покоя скорость и импульс автомобиля равны 0 и уравнение 1 превращается в $E_0 = mc^2$, где E_0 – энергия покоя.

В отличие от энергии и импульса, чьи величины зависят от системы отсчета и наблюдателя, все три наблюдателя, измерив энергию и импульс автомобиля, согласятся с одинаковой величиной массы автомобиля не зависящей от скорости.

Разгадав закон природы по связи массы с энергией и импульсом, теория относительности раскрывает объективность и реальность, характеризующие фактическое протекание физических процессов в природе, независимо от положения наблюдателя.

А как эти две гипотезы могут сочетаться в классической физике – физике элементарных частиц?

Основной физической величиной в физике элементарных частиц является их масса. Принимая гипотезу зависимости массы от скорости, получаем, что масса частицы зависит не только от скорости, но и от системы отсчета. Но в классической физике отсутствует понятие и существование многовариантности значения масс элементарных частиц. Неприемлемость этой гипотезы для классической физики очевидна.

В мире элементарных частиц, в ускорителях заряженных частиц, связь массы частицы с ее энергией и импульсом, выраженная уравнением 1, проявляется самым конкретным образом – с ростом скорости частицы величина $E^2 - p^2 c^2$ остается инвариантной, а значит и масса частицы постоянна и не зависит от скорости.

Прямые эксперименты определения масс элементарных частиц на ускорителях подтверждают, что от скорости частицы зависит ее энергия и импульс, а масса частицы, которая связана с полной энергией E и импульсом P формулой – $m^2 = \frac{E^2}{c^4} - \frac{P^2}{c^2}$ (2), остается неизменной.

Каждой элементарной частице соответствует своя, одна масса, не зависящая от скорости. Масса электрона равна $9,109 \times 10^{-31}$ кг или соответствует энергии покоя 0,511 МэВ, масса протона $1,672 \times 10^{-27}$ кг...

Эйнштейн сформулировал Специальную теорию относительности в терминах кинематики – исследования движущихся тел и установил, что существует связь между перемещением в пространстве и перемещением во времени – чем выше скорость в пространстве относительно других, тем медленнее для других течет время в движущемся объекте. Но, несмотря на относительный характер пространства и времени, пространственно-временной интервал между двумя событиями не изменяется при переходе от одной инерциальной системы в другую. Инвариантность интервала означает, что протекание физических процессов носит объективный характер и не зависит от системы отсчета.

В работе «К электродинамике движущихся тел» Эйнштейн, независимо от Х. Лоренца, знаменитого голландского физика, опубликовавшего в 1904 г. работу «Электромагнитные явления в системе движущейся со скоростью меньшей скорости света», вывел те же самые уравнения, связывающие между собой пространственные координаты и моменты времени в двух различных инерциальных системах отсчета, доказав истинный объективный физический смысл этих уравнений.

$$\text{Эффект замедления времени} - \tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} (3), \text{ эффект сокращения длины} - l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} (4),$$

где τ, l – время и расстояние между двумя событиями с точки зрения неподвижного наблюдателя, τ_0, l_0 – то же самое с точки зрения наблюдателя на движущемся объекте.

У Лоренца эффект сокращения был эффектом динамическим, он объяснялся взаимодействием элементарных частиц, из которых построены все тела, с эфиром, (v -скорость относительно неподвижного эфира) вследствие чего движущийся электрон, испытывая воздействие со стороны эфира, сплющивается в направлении движения, что приводит к сокращению тел.

У Эйнштейна смысл того же уравнения совсем иной. Никакого эфира нет (v -скорость относительно наблюдателя). Движущиеся тела сокращают свои размеры не вследствие каких-то изменений, происходящих с ними самими, а просто потому, что они движутся относительно наблюдателя. Эффект этот не динамический, а чисто геометрический, «кажущийся», т.е. это природа самого пространства-времени, а не результат взаимодействия между материей и эфиром.

Уравнения (3,4) при малых скоростях движения ($v \ll c$) переходят в классические соотношения $\tau = \tau_0, l = l_0$, лежащие в основе механики Ньютона, в чем проявляется принцип соответствия классической механики Ньютона и Специальной теории относительности, подтверждающий объективный характер теории относительности.

Замедление времени подтвердили многие эксперименты. Первый эксперимент, проведенный в 1971 г. показал, что замедление атомных часов, установленных на обычном реактивном самолете, относительно таких же часов на Земле, за один оборот вокруг Земли составило $(203 \pm 10) 10^{-9}$ сек. при расчетной величине $(184 \pm 23) 10^{-9}$ сек.

Пример практического применения теории относительности в реальной жизни показывает Система Глобального Позиционирования (GPS), без которой современный мир представить невозможно.

24 спутника с установленными атомными часами, вращающиеся на высоте порядка 20000 км с орбитальной скоростью порядка 14000 км в час., при которой бортовые атомные часы на спутниках должны запаздывать относительно таких же часов на Земле, в соответствии с уравнением 3, на 7 микросекунд в день. На высоте 20000 км часы должны спешить на 45 микросекунд в день в связи с удалением от массивного объекта-Земля согласно Общей теории относительности.

Комбинация этих двух эффектов означает, что часы на спутниках относительно часов на Земле должны идти быстрее на $(45-7)=38$ микросекунд в день, что обеспечивается перед отправкой спутников в космос. Не принимая это в расчет, GPS была бы абсолютно непригодной, так как ошибки в местоположениях объектов накапливались бы со скоростью 10 км в день.

Объективность, теоретическое и практическое значение теории относительности заключается в том, что принцип относительности из ранга гипотезы переведен в ранг фундаментального закона природы.

Если принцип относительности Галилея, согласно которому все физические процессы в инерциальных системах отсчета протекают одинаково, распространялся только на законы классической механики, оставляя открытым вопрос о его применимости к оптике и электродинамике, то принцип относительности Эйнштейна утверждает то же самое только для всех законов природы [5].

Гипотеза релятивистской массы не соответствует основному требованию фундаментального закона природы – законы физики должны иметь одинаковую форму во всех допустимых системах отсчета с независимостью наблюдений от выбора системы отсчета и ориентации измерительных устройств.

Гипотеза теории относительности о независимости массы от скорости, подтвержденная экспериментами классической физики, превращается в истину, обеспечивающую

объективный, научный подход к исследованию и объяснению физических явлений реальной действительности.

Гипотеза релятивистской массы, не имеющая экспериментального подтверждения и практического применения, противоречит фактам эксперимента и опыта, и становится фикцией, заблуждением, или если выразиться более научно – математической абстракцией. Продолжать пропагандировать заблуждение – значит выступать против истины.

Термин «релятивистская масса» бесплоден с научной точки зрения и вреден с педагогической.

Внедряя в процессе обучения в сознание виртуальную модель реальности зависимости массы от скорости, человек ошибочно принимает субъективную модель реальности за саму реальность. Что может быть полезного от такого «просвещения»?

Если в начале XX века две гипотезы – теории относительности и теории релятивистской массы – существовали раздельно, не подменяя и не смешивая эти понятия, то в настоящее время учебная и научно-популярная литература насыщены понятиями «релятивистская масса» и всем, что с ней связано, «исправляющими» теорию относительности и даже «награждаая» Эйнштейна автором этих понятий.

Борьба известных ученых-физиков [2, 3] с этим явлением и требованием исключить понятие «релятивистская масса» из учебников и из преподавания этого предмета заканчивается безрезультатно, так как российская система образования не считает необходимым включать теорию относительности в содержание основных образовательных программ по физике, в связи с чем отсутствуют требования и контроль за разработкой и содержанием учебных программ, пособий, ложных гипотез по теории относительности, включаемых в учебники по физике.

Приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 05.03.2004 № 1089 (редакция от 07.06.2017) «Об утверждении федерального компонента государственных образовательных стандартов начального общего, основного общего и среднего (полного) общего образования» утверждены Стандарт основного общего образования по физике и Стандарт среднего (полного) общего образования по физике. Этими Стандартами утверждены на базовом и профильном уровнях обязательные минимумы содержания основных образовательных программ и требования по уровню подготовки учащихся.

Ни в одном из этих документов даже не упоминается о теории относительности. В обязательный минимум содержания основных образовательных программ в разделы Механика, Механические явления, Механическое движение, Физика и методы научного познания входят только законы классической механики и закон всемирного тяготения Ньютона, принцип относительности Галилея, пространство и время в классической механике и соответственно требования к уровню подготовки учащихся по этой тематике.

В этом смысле эта образовательная программа ничем не отличается от программы того времени – 40-е – 50-е годы прошлого столетия, когда теория относительности считалась лженаукой, «идеалистическим направлением в физике», с требованием ее пересмотра с марксистских позиций.

Классической физике Ньютона не было известно свойство массы превращаться в энергию. Этот грандиозный резервуар энергии открыла в природе теория относительности – ядерная энергетика, ядерная военная техника. Проблема физической природы массы еще далеко не исчерпана.

Сейчас это самое многообещающее направление в энергетике будущего – управляемый термоядерный синтез, который пока остается сложнейшей неразрешенной проблемой.

Изучение и понимание законов классической механики Ньютона является важным, но абсолютно недостаточным звеном для освоения учащимися знаний и понимания фундаментальных законов природы, лежащих в основе современной физической картины мира и важных открытий в области физики, оказавших определяющее влияние на развитие современной техники и технологии.

Без донесения до сознания молодого поколения, формирующего мировоззрение в процессе образования и развития, важнейших постулатов и результатов практического

применения теории относительности в современной и будущей жизни, этого сделать невозможно.

Требование времени диктует необходимость доработки, с привлечением Российской Академии наук, основных образовательных программ по физике с включением изучения основных понятий теории относительности и требований по разработке и содержанию учебных программ, пособий и недопущению в учебниках по физике необоснованных гипотез, противоречащих теории относительности.

Список литературы

1. *Эйнштейн А.* К электродинамике движущихся тел. 1905. *Annalen der Physik*.
2. *Окунь Л.Б.* «Формула Эйнштейна: $E=mc^2$ » Не смеется ли Господь Бог?». *Успехи физических наук*, 178 (5) 541-555, 2008.
3. *Окунь Л.Б.* «О движении материи». Глава «Релятивистская кружка». Издательство: Физматлит, 2012.
4. *Strassler Matt.* Theoretical physicist. The Harvard University. Mass and Energy. [Электронный ресурс]. Режим доступа: profmattstrassler.com/ (дата обращения: 29.09.2020).
5. *Эйнштейн А.* Физика и реальность. М.: Наука, 1965.