

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ НЕСООТВЕТСТВИЯ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ И ТЕОРИИ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ МАССЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО И УРОВЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ

Васильев Э.Ф.

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

Аннотация: в статье анализируются противоречия между образовательной и теоретической физикой касательно теории относительности и релятивистской механики с примерами учебных пособий высших учебных заведений и негативных последствий. Даются соответствующие предложения.

Ключевые слова: специальная теория относительности, инвариантная масса, релятивистская масса, эквивалентность массы и энергии.

УДК 530.121

Теория относительности Эйнштейна является одним из фундаментов современной физики с твердо установленными и подтвержденными данными эксперимента и опыта – это непреложный факт.

И при этом другой парадоксальный непреложный факт современности – широко распространенное отсутствие единого понимания двух фундаментальных понятий – массы и эквивалентности массы и энергии – не только в массовом сознании, но и в профессиональной технической литературе, учебниках и учебных пособиях средней и высшей школы, научных кругах, преподающих и пропагандирующих теорию относительности, что приводит к неразберихе и путанице в умах людей, изучающих и познающих теорию относительности и наносит большой вред в правильности понимания сути теории относительности и, как следствие, качеству и уровню профессиональных знаний при получении образования.

Классическая механика

Физические определения массы в классической механике Ньютона: количество вещества в теле, мера сопротивления тела изменению скорости (мера инерции), мера способности тела гравитационно притягивать другое тело.

Так как дальнейшие рассуждения касаются Специальной теории относительности (далее - теория относительности), гравитационные свойства тела не рассматриваются.

Понимание единства между количеством вещества в теле и мерой инерции явилось основополагающим шагом в развитии понятия массы в классической механике.

Второй закон Ньютона вводит массу, как меру проявления инертности тела в выбранной системе отсчета –

$$a = \frac{F}{m} \quad (1),$$

где: a - ускорение тела, m - масса, F - равнодействующая всех сил, приложенных к телу.

При этом скорость изменения импульса тела равна импульсу действующей на него силы.

$F = \frac{dP}{dt}$, где P - импульс тела –

$$P = mv \quad (2).$$

Масса m , входящая в выражение импульса, есть фундаментальная характеристика тела, не зависящая от выбора инерциальной системы отсчета, а следовательно и от скорости движения.

Поскольку импульс $P = mv$ пропорционален скорости тела, скорость его изменения пропорциональна ускорению, в связи с чем постоянная по модулю и направлению сила F вызывает равноускоренное движение.

Теория относительности

К моменту создания теории относительности было известно, что уравнения классической механики неинвариантны по отношению преобразований Лоренца, связывающих между собой пространственные координаты и моменты времени в двух различных инерциальных системах отсчета, и изложенных в работе Х. Лоренца “Электромагнитные явления в системе, движущейся со скоростью меньшей скорости света”. При малых скоростях движения преобразования Лоренца переходят в преобразования классической механики, что определяет принцип соответствия.

Так как должна соблюдаться инвариантность всех законов природы по отношению к переходу от одной инерциальной системы отсчета к другой, уравнения, описывающие законы природы, должны быть инвариантны относительно преобразований Лоренца, в связи с чем теория относительности пересмотрела и уточнила законы механики [1, 2, 3, 4, 5].

В основу такого пересмотра Эйнштейн положил требование выполнимости закона сохранения импульса и закона сохранения энергии во всех инерциальных системах отсчета, что отражено в основных соотношениях теории относительности:

$$E^2 - p^2 c^2 = m^2 c^4 \quad (3)$$

$$P = \frac{vE}{c^2} \quad (4),$$

где E – полная энергия, P – релятивистский импульс

При оценке одного и того же события в различных инерциальных системах отсчета значения E и P будут разные, а разность $E^2 - p^2 c^2$ будет инвариантной для всех систем отсчета.

Важное отличие теории относительности от классической механики – когда тело покоится, при $V=0$ и $P=0$, его энергия в 0 не обращается(3):

$$E_0 = mc^2 \quad (5),$$

где E_0 – энергия покоя

Это уравнение стало символом науки XX века, которое не только позволило более глубоко понять но и изменить окружающий мир. Рождение и развитие ядерной энергетики, ядерной военной техники неразрывно связано с этим уравнением.

Уравнение 5 показывает, что масса и энергия неразрывно связаны, а их численные характеристики пропорциональны друг другу, что определяет эквивалентность массы и энергии покоя и объединяет законы сохранения массы и энергии, независимые друг от друга в классической механике, в один закон сохранения в теории относительности. При радиоактивном распаде разность между массой распадающегося ядра и получающейся массой проявляется в виде освобожденной энергии.

Принципиальная и важная особенность – полной эквивалентности массы и энергии не существует, а только эквивалентность массы и энергии покоя. Энергия со скоростью растёт, масса и энергия покоя – нет.

Это сущность и основа теории относительности, подтвержденная практическим результатом и являющаяся законом природы.

Из соотношения 3 определяется лоренц-инвариантная масса, которая является инвариантом по отношению к преобразованиям Лоренца при переходе в другую инерциальную систему отсчета.

$$m^2 = \frac{E^2}{c^4} - \frac{p^2}{c^2} \quad (6)$$

В силу инвариантности масса в теории относительности и классической механике одна и та же и не зависит от системы отсчета и скорости.

Прямые эксперименты определения масс элементарных частиц на ускорителях заряженных частиц подтверждают, что от скорости частицы зависит энергия и импульс частицы, а масса частицы, которая связана с полной энергией E и импульсом P уравнением 3, остается неизменной. Каждой элементарной частице соответствует 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...

Соотношения 2 и 4 показывают принципиальное отличие – в теории относительности, в отличие от классической механики, импульс тела связан не с массой, а с его энергией и скоростью, мерой инертности тела является не масса, а полная энергия.

Так как релятивистский импульс тела не пропорционален, в отличие от классической механики, его скорости, скорость его изменения не пропорциональна ускорению, в связи с чем постоянная по модулю и направлению сила не будет вызывать равноускоренное движение.

Релятивистская масса

Кроме теоретической физики существуют физика образовательная и научно-популярная.

Релятивистская масса, которая в отличие от теории относительности эквивалентна полной энергии и зависит от скорости тела, используется только в образовательной и научно-популярной физике.

$$m_{\text{рел}} = \frac{E}{c^2} \quad m_{\text{рел}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \text{ где } E - \text{ полная энергия, } m_0 - \text{ масса тела в покое}$$

В теоретической физике, физике элементарных частиц, ядерной физике не существует физической величины, называемой “релятивистская масса”. В них есть только инвариантная масса, определяемая уравнением 6 и эквивалентность массы и энергии покоя уравнением 5.

Если рожденная почти в одно и то же время с теорией относительности в начале XX века “релятивистская масса” существовала отдельно от теории относительности, то в настоящее время образовательная и научно-популярная физика насыщены понятиями “релятивистская масса” и “эквивалентность массы и полной энергии”, “исправляющими” теорию относительности и даже “награждая” Эйнштейна автором этих понятий.

Эйнштейн был против внедрения понятия “релятивистская масса”: “Нехорошо вводить понятие массы тела $M = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, для которого нет определения. Лучше не вводить никакой другой массы, кроме

массы покоя. Вместо того, чтобы вводить M , лучше привести выражение для импульса и энергии движущегося тела”(3, 4), [6].

Теория относительности практически полностью была основана на мысленных экспериментах Эйнштейна и только впоследствии она была разработана и подтверждена на практике.

Можно ли, проведя мысленный эксперимент по зависимости массы тела от скорости, впоследствии разработать теорию релятивистской массы и подтвердить на практике? Этот мысленный эксперимент должен дать визуальный ответ, каким образом и за счет чего масса космического корабля (количество и структура вещества), приближающегося к скорости света будет неограниченно расти, стремясь к бесконечности? Ответ может быть только один – релятивистской массы в природе не существует.

Недостатки понятия “релятивистская масса”, противоречащие законам природы:

- инвариантность релятивистской массы относительно преобразований Лоренца, что говорит о несоблюдении законов природы при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой;

- зависимость значения массы от системы отсчета, т.е. зависимость значения массы от положения наблюдателя;

- математика безупречная, но абстрактная, при отсутствии физического смысла, не имеющая экспериментального подтверждения.

Существующее мнение о том, что “релятивистская масса” и все, что с ней связано, приобрело широкую известность среди неспециалистов, не соответствует действительности. Если это можно отнести к массовому распространению научно-популярной литературы, то как относиться к учебникам, учебным пособиям и программам в образовательном процессе?

Некоторые примеры учебников и учебных пособий высших учебных заведений, готовящих специалистов по различным физическим специальностям [7, 8, 9]:

1. Санкт-Петербургский государственный университет. Е.И. Бутиков. Релятивистские представления в курсе общей физики.

Глава 2.Релятивистская динамика

2.1.Импульс частицы в релятивистской механике

“...В классической физике масса m частицы – постоянная величина, не зависящая от состояния ее движения. Импульс определяется, как произведение массы частицы на ее скорость $P=mv$...”

2.1.1. Принцип соответствия и релятивистский импульс

“...В релятивистской механике импульс частицы также определяется ее скоростью... Релятивистское выражение для импульса должно иметь вид $P=m_v v$, где величина m_v может зависеть только от абсолютной величины скорости частицы...”

$$P = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{т.е.} \quad m_v = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

2.2.Релятивистская энергия

2.2.2.Масса покоя и энергия покоя

“...Отсюда можно сделать фундаментальное заключение о том, что полная энергия тела пропорциональна его массе независимо от того из каких видов она состоит...”

2.2.3.Пропорциональность массы и энергии

“...Поэтому можно говорить об эквивалентности массы и энергии. Всякое изменение энергии системы сопровождается эквивалентным изменением ее массы... Экспериментальное подтверждение релятивистского закона пропорциональности энергии и массы следует искать в ядерной физике и физике элементарных частиц...”

2.3.Преобразование энергии-импульса

“... $\frac{E^2}{c^2} - p^2 = m^2 c^2$ Это одна из важнейших формул релятивистской физики. Обратим внимание на то, что в правой части формулы стоит величина, не зависящая от выбора системы отсчета...”

Получив такие представления, будущий специалист по физике получает знания:

- существует две массы – одна в классической механике, не зависящая от скорости, другая в релятивистской механике, зависящая от скорости. Фундаментальное понятие “инвариантная масса”, экспериментально подтвержденное в ядерной физике и физике элементарных частиц замещено научной абстракцией, не имеющей ничего общего с физическими процессами, происходящими в природе.

- мерой инертности тела в релятивистской механике, как и в классической механике, остается масса. Подтвержденные теоретической физикой и физикой элементарных частиц зависимость импульса частицы от полной энергии $P = \frac{vE}{c^2}$ и то, что мерой инертности частицы является полная энергия, а не масса, игнорируется.

- предложение искать подтверждение эквивалентности полной энергии и массы в ядерной физике и физике элементарных частиц – “шедевр научной мысли”. Экспериментальное и практическое подтверждение эквивалентности массы и энергии покоя, признанного во всем мире знаменитого

уравнения Эйнштейна $E_0 = mc^2$, открывшего грандиозный резервуар энергии в природе, считается неубедительным с предложением искать то, что в природе не существует.

- заключение о зависимости массы тела от скорости п.2.1.1 находится в противоречии с приведением и подтверждением в п.2.3 “важнейшей формулы релятивистской физики $\frac{E^2}{c^2} - p^2 = m^2 c^2$ ” - уравнение теории относительности (3) – и величины “правой части формулы не зависящей от системы отсчета”. Подтверждение независимости массы от системы отсчета автоматически подтверждает и независимость массы от скорости, т.е. инвариантность массы m , доказанной теорией относительности и подтвержденной на практике. И у тупиков есть свои первооткрыватели...

Сколько времени и где потребуется, чтобы переучить такого специалиста по физике в правильном понимании физических процессов, происходящих в природе?

2. Национальный исследовательский Томский политехнический университет

3. Казанский (Приволжский) федеральный университет

Основная литература, учебное пособие. С.И. Кузнецов, Г.Н. Дудкин, В.Н. Забаев

Ускорители заряженных частиц.

-“...Циклотрон-циклический резонансный ускоритель тяжелых частиц. Циклотрон позволяет ускорять протоны до энергии примерно 20 МэВ.

Дальнейшее их ускорение в циклотроне ограничивается релятивистским возрастанием массы со скоростью, что приводит к увеличению периода обращения (он пропорционален массе) и синхронизм нарушается...”

-“...Синхрофазотрон. Это наиболее современный циклический ускоритель протонов, позволяющий получить энергии в несколько ГэВ.

В фазотронах, микротронах, синхротронах и синхрофазотронах частицы ускоряются до релятивистских скоростей.

Масса частицы зависит от скорости $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ ”

-“...Большой адронный коллайдер.

Протонный синхротрон-протоны разгоняются до 99,6% скорости света. В результате такого воздействия увеличивается масса протонов, если говорить кратко, то протоны не могут ускоряться, а становятся тяжелее. На этой стадии энергия каждой частицы равняется 25 млрд. электронвольт, при этом протоны становятся в 25 раз тяжелее, чем в состоянии покоя.

...Затем пучки протонов перемещаются в большой адронный коллайдер... масса протона становится в 7000 раз больше нормальной...”

Физический процесс ускорения частиц на большом адронном коллайдере, самой современной экспериментальной установке в мире, и др. ускорителях объясняется с использованием релятивистской массы.

Это находится в противоречии с истинным процессом ускорения частиц в ускорителях, при котором в процессе ускорения увеличивается не масса элементарных частиц, а полная энергия и при этом изменение импульса частицы $P = \frac{vE}{c^2}$, не зависящего от массы, становится тем труднее, чем больше ее энергия. С увеличением энергии происходит увеличение периода обращения частиц, нарушение синхронизма между частотой обращения частиц и ускоряющего поля и, в конечном итоге, частицы, при их неизменной массе, перестают получать дополнительную энергию от электрического поля и выпадают из режима ускорения. Мерой инертности частицы в ускорителе является ее полная энергия, а не масса.

Объяснение истинного процесса ускорения элементарных частиц в ускорителях на основе теории относительности замещено объяснением зависимости массы частицы от скорости, создавая тем самым иллюзию, ложное понимание сути происходящего процесса.

Теоретическая физика – это раздел физики по изучению явлений природы и построению физических теорий с открытием общих законов для большого круга явлений и выявлению общих закономерностей, которые управляют природными явлениями.

Таковыми примерами физических теорий являются классическая механика и теория относительности. А “релятивистская масса” это абстрактный термин, не связанный с природными физическими явлениями, не имеющий физического смысла, не подтвержденный экспериментально и который не имеет никакого отношения и никаких последствий для теоретической физики.

Но он имеет серьезные последствия и наносит большой вред в образовании[10]. Внедряя, в процессе образования, в сознание виртуальную модель реальности зависимости массы от скорости и эквивалентности массы и полной энергии, субъективная модель реальности принимается за саму реальность. Что может быть более губительное для такого образования? Воспитание потребителей научно-технической информации, научившимися пользоваться формулами, не понимая их физического смысла и сути науки, которую они представляют.

Как остановить эти противоречия между образовательной и теоретической физикой и начать восстановление статус-кво с физики высшей школы?

Требуется решение на Государственном уровне:

- утверждение Постановлением Правительства Российской Федерации, по представлению Академии Наук Российской Федерации, состава Государственной Комиссии по научному и мировоззренческому анализу учебников, учебных пособий и образовательных программ по теории относительности и релятивистской механике.

- утверждение Постановлением Правительства Российской Федерации результатов работы Комиссии по систематизации, пересмотру и корректировке учебников, учебных пособий и, в целом, образовательной программы по теории относительности и релятивистской механике.

Какой из институтов теоретической физики, кто из физиков-теоретиков, в память о коллеге, выдающемся российском физике-теоретике с мировой известностью Л.Б. Окуне, посвятившему многие годы разьяснительной работе и борьбе с этими противоречиями [3, 11, 12, 13], возьмет на себя инициативу?

Список литературы

1. *Эйнштейн А.* К электродинамике движущихся тел, 1905. *Annalen der Physik*.
2. *Эйнштейн А.* Физика и реальность М.: Наука, 1965.
3. *Окунь Л.Б.* Понятие массы (Масса. Энергия. Относительность). Журнал “Успехи физических наук”. Т. 158, вып. 3, 1989.
4. Matt Strassler Theoretical physicist. The Harvard University. Mass and Energy. Электронный ресурс. Profmattstrassler.com/
5. *Эйнштейн А.* Зависит ли инерция тела от содержащейся в нем энергии? *Annalen der Physik* 18, 639 1905.
6. *Adler C.* *Am. J. Phys.*, 1987. V. 55. P. 739.
7. Санкт-Петербургский государственный университет. Физический факультет. Е.И. Бутиков. Релятивистские представления в курсе общей физики. Учебное пособие. С-Пб., 2006. С. 47, 48, 54, 56, 58. Электронный ресурс.
8. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. С.И. Кузнецов, Г.Н. Дудкин, В.Н. Забаев Ускорители заряженных частиц. Курс физики. Рекомендовано в качестве учебного пособия. Томск, 2011. С. 13, 14, 18, 25. Электронный ресурс.
9. Казанский (Приволжский) федеральный университет. Институт физики. Программа дисциплины Введение в теорию ускорителей. С.И. Кузнецов, Г.Н. Дудкин, В.Н. Забаев. Ускорители заряженных частиц. С. 13, 14, 18, 25. Электронный ресурс.
10. *Oas Gary.* On the abuse and use of relativistic mass. Education Program for Gifted Youth. Stanford University, 2008.
11. *Окунь Л.Б.* Формула Эйнштейна: $E=mc^2$. Не смеется ли Господь Бог? Журнал “Успехи физических наук”, 178(5) 541-555, 2008
12. *Окунь Л.Б.* О движении материи. Глава “Релятивистская кружка”. Издательство «Физматлит», 2012.
13. *Окунь Л.Б.* Энергия и масса в теории относительности и вокруг нее. Доклад на заседании ОФП РАН 06.06.2007.