

<http://nenuda.ru/%D0%BA%D0%B0%D0%BA-%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%BD%D0%B8%D0%BA-%D0%BC%D0%B8%D1%84-%D0%BE-%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9-%D0%BC%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B5.html>

## Как возник миф о «релятивистской массе»\*

Автор неизвестен

Несмотря на то, что с момента выхода в свет первой работы А. Эйнштейна по специальной теории относительности (СТО) прошло почти 100 лет, продолжается и физическое, и философское, и методическое осмысление этой теории, которая является основой современного мировоззрения. Учителю физики приходится не только сообщать учащимся основы СТО, но и устранять ряд мифов, возникших вокруг этой теории. Наиболее распространенным и устойчивым мифом является миф о существовании так называемой «релятивистской массы»(РМ).

В данном сообщении **на основе анализа исторических фактов** показывается, что понятие РМ появилось в физике за несколько лет до создания СТО и не имеет к ней никакого отношения. Сам создатель СТО А. Эйнштейн не употреблял этого названия, и можно только сожалеть, что великий ученый, уделявший много внимания и физическим, и философским проблемам СТО, методике ее изложения, ни разу не коснулся «проблемы» РМ. Только однажды на соответствующий вопрос он посоветовал не пользоваться понятием РМ в силу ее неопределенности.

Идея о зависимости массы электрона от скорости его движения была выдвинута Кауфманом в 1896-98гг. Им были поставлены опыты по отклонению катодных лучей в магнитном поле. Естественно, в своих расчетах он пользовался классическими выражениями для импульса и кинетической энергии электрона(до создания СТО пройдет еще 7-9 лет). Расчеты Кауфмана приводили к формуле, из которой следовало, что удельный заряд электрона  $e/m$  зависит от его скорости. А так как еще Фарадеем был сформулирован закон сохранения электрического заряда, то Кауфман предположил, что от скорости зависит масса электрона. В то же время (1899г.) Г. Лоренц – знаменитый голландский физик, создатель электронной теории вещества, используя второй закон Ньютона, вводит для электрона «продольную» и «поперечную» массы. «Продольной» массой обладает электрон, у которого ускорение совпадает с направлением движения(скорости), а «поперечная» масса характеризует движение электрона, у которого ускорение перпендикулярно направлению движения (скорости). Обе массы частицы оказались зависящими от скорости ее движения, но по-разному:

$$m_{\text{прод}} = \frac{m}{\left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}}}, \quad m_{\text{попер}} = \frac{m}{\left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}}.$$

Но результаты опытов Кауфмана не согласовались с этими формулами Лоренца.

В 1900 году А. Пуанкаре (французский математик и физик), используя ньютоновскую формулу для количества движения, ввел в употребление «инертную» массу, характеризующую инертные свойства электромагнитной волны. Пуанкаре исходил из того, что электромагнитная волна, несущая энергию  $E$ , обладает импульсом  $p$ , абсолютная величина которого, в соответствии с теоремой Умова – Пойнтинга, равна  $E/c$ . Подставляя это значение импульса в формулу для количества движения, А. Пуанкаре ввел массу для электромагнитного поля, равную  $E/c^2$ . Поскольку электромагнитная волна не может находиться в покое, то найденная масса является динамической массой движущейся волны.

Так в физике появилось три вида масс: «продольная», «поперечная» и «релятивистская»(электромагнитная). После ввода формулы для релятивистской массы А.Пуанкаре, в физической литературе релятивистскую массу стали называть просто массой. Но тогда должна

---

\* Статья была опубликована в методическом сборнике «В помощь учителю и студенту» изд.ПОИПКРО, 1998г.,№6,с.106-111.Соавтор Н.В.Рябцева.

была возникнуть еще одна масса – «масса покоя». Именно эта масса совпадала с ньютоновской массой, для ее обозначения ввели дополнительный индекс у массы «0»:  $m_0$ .

Итак, еще до создания СТО А. Эйнштейном в 1905 году в физике утвердились следующие массы: «продольная», «поперечная», «релятивистская» – все эти массы зависели от скорости движения частицы(тела) и еще одна масса- «масса покоя».

В 1905 году А. Эйнштейн публикует работу «К электродинамике движущихся тел», в которой он отказывается от эфира как носителя электромагнитных колебаний, и тем самым утверждает материальность самого электромагнитного поля. С 1905 года в науке стали рассматривать два вида материи: вещество и электромагнитное поле. Если раньше масса выступала как мера количества материи( вещество отождествлялось с материей), то с 1905 г. ( ввиду введения еще одного вида материи) масса выступает как мера вещества, его инертных свойств. Но в том же году А. Эйнштейн , развивая содержание СТО, публикует короткую заметку, в которой приходит к выводу, что масса тела является мерой содержащейся в ней энергии:  $E_0=mc^2$ , где  $E_0$  – энергия покоящегося тела(частицы). И если тело отдает энергию  $\Delta E$ , то масса тела уменьшается на величину:  $\Delta m = \Delta E / c^2$ .(Примечание Не следует эту величину отождествлять с так называемым дефектом массы, возникающим при образовании устойчивой системы взаимодействующих элементарных частиц, например -образование ядра из нейтронов и протонов. В 1905-1906 гг. строение ядра еще не было известно!). Таким образом в СТО утверждается новое содержание понятия «масса»: она является мерой энергии тела в состоянии покоя.

В 1909 году Г. Минковский (немецкий математик) придает формулам СТО симметричный вид, используя единое четырехмерное многообразие «пространство – время». Новое математическое изложение СТО позволяет ярче увидеть то, что ввела эта теория в физику и философию.

Выше отмечалось, что теоретическое описание опытов Кауфмана было сделано на основе классических представлений, СТО еще не была создана. При составлении уравнений движения быстрых частиц непреднамеренно была установлена зависимость массы от скорости движения частиц(электронов). Самым неудачным в этом было то, что эту зависимость пытались объяснить физически. Лишь после создания СТО стало ясно, что для описания движения быстрых частиц необходимо использовать не классические формулы кинематики и динамики, а новую механику, механику СТО. Рассматривая четырехмерные величины механики СТО(скорость, импульс, силу), Г. Мин- ковский показал релятивистский корень  $(1-u^2/c^2)^{1/2}$  появляется еще в кинематике СТО и никакого отношения к массе не имеет. Так «элементарно» СТО освободилась от нефизической величины – релятивистской массы.

Однако сами физики не могли так «просто» освободиться от очередного заблуждения. Продолжим исследование истории распространения этого заблуждения. В 1909 году в работах физиков Льюиса и Толмена используется понятие РМ при описании движения быстрых электронов, при рассмотрении процесса их столкновений. В 1921 году выходит книга В. Паули «Теория относительности», в которой отбрасываются такие понятия как «продольная» и «поперечная» массы, но за РМ сохраняется представление как о реальной физической величине. Здесь же В. Паули делает еще одну физико-философскую ошибку : закон пропорциональности массы и энергии В. Паули трактует как закон эквивалентности массы и энергии. В действительности масса и энергия – это две самостоятельные физические величины, между которыми в СТО устанавливается фундаментальная связь, связь между энергией покоя и массой вещественного тела. Но не всякой энергии сопоставляется масса. Например, у фотона нет массы, фотон – безмассовая частица, а энергией он обладает. В СТО нет закона сохранения массы как в классической механике. Все это говорит о том, что масса, как физическая величина, не эквивалентна энергии, хотя в отдельных случаях может быть ей пропорциональна.

Вслед за монографией В. Паули вышел труд А. Эйнштейна «Сущность теории относительности». В этой работе А. Эйнштейн использует лишь одну массу, ту, которая пропорциональна энергии покоя  $E_0$ . Возможно ,если бы А. Эйнштейн более последовательно и подробно прокомментировал свое уравнение  $E_0=mc^2$  и показал бы разницу между этой формулой и формулой  $E=mc^2$ , то последняя формула исчезла бы из литературы уже в 20-х гг. XX века . Но, к сожалению, он этого не сделал , и РМ до сих пор “гуляет” по популярным книгам, справочным пособиям для поступающих в вузы, отдельным задачникам. Интересно отметить, знаменитый физик Р. Фейнман в своих лекциях посвящает выводу формулы для РМ несколько страниц, а затем неожиданно делает странное замечание : “ но эта формула на практике не используется”. Так зачем же было “огород городить”?..

Еще в 1941 году вышел 4-й том курса теоретической физики «Теория поля» Л.Ландау и Е.Лифшица, в котором изложение СТО строилось на базе лишь одной массы. Однако авторы школьных учебников, включив согласно новой программе по физике отдельную главу по СТО, нарушили установившуюся традицию и методику и включили в изложение СТО РМ. Не отставали от них и авторы вузовских учебников по общей физике. Не будем перечислять имена уважаемых авторов, они известны всем. И только в 1977 году вышел вузовский учебник по СТО В.А. Угарова, в котором впервые в нашей учебной литературе не только не использовалось понятие РМ, но и был включен специальный параграф, в котором логически было показано отсутствие всякого физического содержания в РМ. Но школьные и вузовские программы по физике, обширная научно-популярная и всякая другая литература, касавшаяся СТО, продолжали в воодушевлении обсуждать зависимость массы движущегося тела от скорости его движения. Потребовалось вмешательство крупного советского физика-теоретика Л.Б. Окуня, опубликовавшего большую статью в журнале международного класса «Успехи физических наук» под названием «Понятие масса»(1989г.). Затем журнал «Физика в школе» поместил статью одного из авторов данного сообщения под названием «Существует ли релятивистская масса?»(1994г.). Ранее вышло его учебное пособие (Г.А.Розман Специальная теория относительности (1992г)). Эти и другие публикации о РМ заставили составителей школьных и вузовских программ и учебных пособий наконец-то исключить понятие РМ. Появились новые школьные учебники («Физика-11» под ред. А.А.Пинского, «Физика-11» под ред. Шахмаева Н.М. «Физика-10» Громова С.В.), излагающих основы СТО на современном научном и методическом уровне.

Будем надеяться, что новое поколение учителей не будет употреблять понятие РМ и физика забудет еще один миф, связанный с толкованием СТО

#### **Литература**

1. Угаров В.А. СТО.-М., Просвещение, 1977.
2. Розман Г.А.. СТО-Псков,ПОИПКРО, 1992,1995.
3. Окунь Л.Б. ж-л «Успехи физических наук»(УФН).т.158, вып.№, 1989.
4. Шахмаев Н.М.и др. Физика-11.-М.,Просвещение.1994.
5. Пинский А.А.и др. Физика-11.-М.,Просвещение, 1995.
6. Громов С.В. Физика-10 –М.,Просвещение,1997.
- 7.Малинин А.Н. Теория относительности в задачах и упражнениях, М.,Просвещение,1983.