

УДК 53.043; 531.61; 531.653

**ИЛЛЮЗИЯ МАССЫ:  $E = m \cdot c^2$** 

ЕГОРОВ Е. А. \*, д. т. н., проф.

\* Кафедра металлических, деревянных и пластмассовых конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (097) 945-18-16, e-mail: evg\_egorov@list.ru, ORCID ID: 0000-0003-2993-0570

**Аннотация. Постановка проблемы.** Символический характер формулы Эйнштейна в совокупности с противоречивыми трактовками ее физического смысла самим автором порождают самые невероятные идеи и толкования о возможности ее использования в той или иной сфере практической деятельности. Все это вносит определенную сумятицу в правомерность существования этой формулы вообще как зависимости, определяющей общие законы движения в окружающем нас материальном мире. **Цель статьи.** Анализ физических явлений, которые нашли отражение в указанной формуле, и на основе этого методологическое осмысление области ее адекватной применимости. **Результаты.** Вскрыты важные аспекты, позволяющие внести определенную ясность в физическую природу взаимозависимости массы, энергии и скорости, показано, что символ  $m$  в формуле Эйнштейна не отвечает ньютоновскому (нерелятивистскому) понятию массы как меры количества вещества (именно это обстоятельство породило немало споров по вопросу эквивалентности массы и энергии), вводится понятие инерционно-массового эквивалента энергии  $m^*$ , который фактически и присутствует в рассматриваемой формуле. **Выводы.** Сама по себе формула Эйнштейна описывает явления, связанные, прежде всего, с процессами самопроизвольного распада атомных ядер вещества, или, другими словами, с радиоактивным распадом, она непригодна для описания законов движения материальных тел в земных условиях, и ни в коей мере не заменяет в этом смысле основные зависимости механики Ньютона.

**Ключевые слова:** масса, энергия, скорость, элементарные частицы, излучение, самопроизвольный распад атомных ядер

**ИЛЮЗИЯ МАСИ:  $E = m \cdot c^2$** 

ЕГОРОВ Є. А. \*, д. т. н., проф.

\* Кафедра металевих, дерев'яних та пластмасових конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (097) 945-18-16, e-mail: evg\_egorov@list.ru, ORCID ID: 0000-0003-2993-0570

**Аноація. Постановка проблеми.** Символічний характер формули Ейнштейна в сукупності з суперечливими трактуваннями її фізичного розуміння самим автором породжують найнеймовірніші ідеї та тлумачення про можливість її застосування в тій чи іншій сфері практичної діяльності. Все це вносить певне сум'яття в правомірність існування цієї формули взагалі як залежності, що визначає загальні закони руху в матеріальному світі що оточує нас. **Мета статті.** Аналіз фізичних явищ, які знайшли відображення у зазначеній формулі, і на основі цього методологічне осмислення сфери її адекватної застосовності. **Результати.** Розкрито важливі аспекти, що дозволяють внести певну ясність у фізичну природу взаємозалежності маси, енергії і швидкості, показано, що символ  $m$  у формулі Ейнштейна не відповідає ньютоновському (нерелятивістському) поняттю маси як міри кількості речовини (саме ця обставина породила чимало суперечок із питань еквівалентності маси і енергії), вводится поняття інерційно-масового еквівалента енергії  $m^*$ , який фактично і присутній у розглянутій формулі. **Висновки.** Сама по собі формула Ейнштейна описує явища, пов'язані, перш за все, з процесами мимовільного розпаду атомних ядер речовини, або, іншими словами, з радіоактивним розпадом, вона непридатна для опису законів руху матеріальних тіл у земних умовах і жодною мірою не замінює основні залежності механіки Ньютона.

**Ключові слова:** маса, енергія, швидкість, елементарні частинки, випромінювання, мимовільний розпад атомних ядер

**ILLUSIONS OF THE MASSES:  $E = m \cdot c^2$** 

YEGOROV Y. A. \*, Dr. Sc. (Tech.), Prof.

\* Department of Metal, Wood and Plastic Structures, State Higher Educational Establishment «Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38 (097) 945-18-16, e-mail: evg\_egorov@list.ru, ORCID ID: 0000-0003-2993-0570

**Summary. Problem formulation.** The symbolic nature of Einstein's formula in conjunction with the contradictory interpretations of its physical sense by the author produce the most incredible ideas and interpretations about the possibility of its use in a particular area of practice. All of this brings a certain confusion in the legitimacy of the existence of this formula at all, depending on how the general laws defining movement in the material world around us. **Purpose.** An analysis of the physical phenomena, which are reflected in the above formula, and based on this understanding of the methodological area of its applicability adequate. **Results.** Revealed important aspects that allow to

bring some clarity to the physical nature of the interdependence of mass, energy and speed, it is shown that the symbol  $m$  in Einstein's formula does not meet the Newtonian (nonrelativistic) the concept of mass as a measure of the amount of substance (this circumstance has given rise to many disputes regarding the equivalence of mass and energy), the concept of inertial-mass energy equivalent of  $m^*$ , which is actually present in the given formula. **Conclusions.** By itself, Einstein's formula describes the phenomena associated primarily with the processes of spontaneous disintegration of atomic nuclei of matter, or in other words, to radioactive decay, it is not suitable to describe the laws of motion of material bodies on Earth, and in no way does not replace in this sense, the main dependence of Newtonian mechanics.

**Keywords:** mass, energy, speed, elementary particles, radiation, spontaneous decay of atomic nuclei

**Введение.** Странно это или нет, но создается впечатление, что известная формула А. Эйнштейна  $E_0 = m \cdot c^2$  (далее Формула) с течением времени превращается во все более крупную проблему. По-видимому, это обусловлено тем, что ее наличие многим думающим людям не дает покоя, поскольку она своей неоднозначностью вносит полную сумятицу в, казалось бы, привычные постулаты материального мира. Эквивалентность массы и энергии, зависимость массы от скорости, энергия безмассовых частиц и т. п., – все эти понятия до сегодняшнего дня не нашли своего однозначного толкования, что дает повод для практически регулярного появления новых разноречивых толкований [1–4], в том числе и самых невероятных фантазий [5 - 7], опирающихся на указанное выше равенство. Наиболее серьезное исследование, связанное с анализом Формулы, изложено, по-видимому, в статьях [8; 9]. В них автор пытается довести до читателя смысл, который вкладывал в Формулу ее великий создатель. Прделан огромный труд. Но из приведенных в указанных статьях сведений напрашивается, прежде всего, вывод о том, что в научных работах самого Эйнштейна присутствуют противоречивые заключения, которые не только не помогают раскрыть смысл, заложенный в Формуле, но и в немалой степени запутывают все, что с ней связано.

**Цель статьи.** Автор данной статьи рассматривает и методологически аргументирует, по-видимому, одну из возможных интерпретаций физического смысла Формулы, которая, по мнению автора, по крайней мере, с чисто прикладных позиций представляется наиболее понятной и приемлемой. Именно прикладной аспект, или, иначе говоря, возможность использования Формулы в какой-либо инженерной практической деятельности, остается до сегодняшнего дня

наиболее актуальным и очень спорным вопросом [5; 6; 10].

**Изложение материала.** Итак, в 1905 году Альберт Эйнштейн впервые представил свою, ставшую впоследствии знаменитой, Формулу в виде:

$$E_0 = m \cdot c^2, \quad (1)$$

где  $E_0$  – энергия покоящегося тела;  $m$  – масса тела;  $c$  – скорость света.

Примечательно, что довольно близким прообразом Формулы можно считать зависимость, полученную несколько ранее (в 1900 г.) Анри Пуанкаре:

$$m = E/c^2. \quad (2)$$

Пуанкаре рассматривал (2) как математическое доказательство того, что несущийся со скоростью света фотон должен (или может) обладать инертной массой  $m$ . Анализируя зависимость (2), можно отметить следующие важные особенности:

- зависимость (2) получена для элементарных частиц, в частности, фотонов, обладающих очень малой (а в некоторых случаях нулевой) гравитационной массой и перемещающихся в пространстве со скоростью, близкой или равной скорости света  $c$ ;

- количественно  $m$  на основе (2) можно определить только после определения по результатам эксперимента энергии  $E$ .

Как видим, все вышеприведенные выводы, в той или иной мере связаны с массой  $m$ , а, точнее, с ее необычными свойствами, которые оказываются присущими, с принятием зависимости (2), этому, казалось бы, тривиальному понятию. Действительно, согласно (2), масса  $m$  будет равна  $E/c^2$  и может быть не равна нулю даже в тех случаях, когда элементарные частицы излучения будут иметь на самом деле нулевую массу (в частности, именно фотон может иметь нулевую массу). И в этом нет противоречия, поскольку в (2) символом  $m$  обозначена инертная составляющая массы, а когда мы

говорим о массе в общепринятом понимании этого слова, то подразумеваем, прежде всего, массу гравитационную, а именно, массу как меру количества вещества в теле. То есть на самом деле речь идет о разных массах, или, по крайней мере, о разных формах ее проявления. Кстати, С. Г. Федосин в [13] пишет о формуле Пуанкаре дословно так: «формула типа  $E = m \cdot c^2$ , связывающая энергию и массу, появилась при нахождении эквивалентной массы излучения», т. е. автор признает, что это не совсем масса. Это обстоятельство очень важно для рассматриваемых здесь вопросов и его следует отразить в обозначениях. С учетом этого инертную составляющую массы излучаемых частиц, которую рассматривал в своих выводах Пуанкаре, в дальнейшем изложении будем обозначать символом  $m^*$  и с учетом этого зависимость (2) запишем в виде:

$$m^* = E/c^2. \quad (3)$$

Эйнштейн получил практически ту же зависимость, но не применительно к излучаемым частицам, а для характеристики энергетического и массового баланса (состояния) самого тела, излучающего такие частицы. Такой взгляд существенно расширил область приложений (2), (3). В своих рассуждениях Эйнштейн исходил из того, что в замкнутой системе, если тело что-то излучает, вкладывая в это излучение какую-то энергию, то такую же энергию оно должно терять. И это вполне очевидно. Рассматривая покоящееся в неподвижной системе тело, излучающее две плоские световые волны в противоположных направлениях, он получил зависимость [11]:

$$K_0 - K_1 = (L/V^2) \cdot (v^2/2), \quad (4)$$

где  $K_0 - K_1$  – разность энергий до и после излучения;  $L$  – полная энергия светового излучения (энергия световых волн, это та же энергия излученных элементарных частиц, которой оперировал Пуанкаре, т. е. в (2) это  $E$ );  $V$  – скорость света (в (1) – (3) она обозначена символом  $c$ );  $v$  – скорость движения внешней системы отсчета, в которой энергия массы  $m$ , покоящейся в исходной (неподвижной) системе отсчета, будет равна:

$$E = m \cdot v^2/2. \quad (5)$$

Из (5) следует, что относительно движущейся с постоянной скоростью системы отсчета любое изменение энергии может происходить только за счет изменения массы, и тогда приходим к равенству:

$$\Delta E = \Delta m \cdot v^2/2. \quad (6)$$

В итоге, зависимости (4) и (6) отражают одно и то же явление, а именно, передачу энергии от излучающего тела к излучающимся из него элементарным частицам. Сравнивая (4) и (6), можно видеть, что отношение  $(L/V^2)$  играет роль массы. Основываясь на этом, Эйнштейн заключает, что «если тело отдает энергию  $L$  в виде излучения, то его масса уменьшается на  $L/V^2$ », т. е. принимается:

$$\Delta m = L/V^2, \quad (7)$$

или в обозначениях Пуанкаре:

$$\Delta m = E/c^2. \quad (8)$$

Далее, для выхода на Формулу, нужно считать, что тело, находящееся в покое, в пределе может всю свою массу преобразовать в излучение. Тогда:

$$m = E_0/c^2, \quad (9)$$

откуда и получается Формула (1).

В вышеприведенной схеме рассуждений есть два очень важных момента, которые, по мнению автора, позволяют в значительной мере уточнить физический смысл самой Формулы, а также внести ясность в целый ряд вопросов, связанных с ней.

Момент первый связан, опять-таки, с массой. В рассмотренной схеме совершенно очевидным является тот факт, что и здесь принятие множителя  $L/V^2$ , или в обозначениях Пуанкаре  $E/c^2$ , в качестве массы, носит весьма условный характер. Фактически указанный множитель несет в себе только эффект (только эффект) инерционной массы, и, в силу этого, может пониматься только как инерционно-массовый эквивалент энергии излучения, что созвучно с [13], см. выше. Физически - это сгусток энергии излучения, способный воздействовать на материальные тела как масса (это подтверждается экспериментом). Такие эффекты, а также наличие символа  $m$  в формулах типа (1), (2), создают иллюзию присутствия массы, что, в свою очередь, приводит к целому ряду противоречий (например, совершенно

непонятно, откуда и за счет чего в килограмме массы любого вещества (тела) может возникнуть огромная по своим масштабам энергия  $E_0 = m \cdot c^2$ .

В научной литературе, освещающей вопросы, связанные с теорией относительности, величину, определяемую отношением  $E/c^2$ , принято называть «релятивистской» массой в отличие от обычного (ньютоновского) понимания массы, которая называется «нерелятивистской». Последняя рассматривается в физике как мера количества вещества (материи) в теле. С точки зрения возможного использования Формулы в инженерной практической деятельности введение понятия «релятивистской» массы представляется излишним, вносящим, так или иначе, дополнительную путаницу в понятие «масса» (появляются такие термины, как «масса покоя», «эффективная масса» и т. п.). Поэтому, по мнению автора, в практических приложениях более целесообразно идентифицировать указанное выше отношение  $E/c^2$  как инерционно-массовый эквивалент энергии излучения и обозначать его символом  $m^*$ . Такое определение носит более универсальный характер, удовлетворяя по смыслу как «релятивистским», так и «нерелятивистским» законам движения элементарных частиц и материальных тел.

С учетом вышесказанного (1) должна быть представлена в виде:

$$E_0 = m^* \cdot c^2. \quad (10)$$

Второй момент не менее интересен. В уравнении баланса (4) энергия, потерянная телом при излучении, приравнивается к энергии, приобретенной излученными частицами. При этом опускается очень важный вопрос: за счет чего это действие происходит. Очевидно, имеется два основных возможных варианта: либо это происходит за счет энергии, подводимой извне; либо это самопроизвольный распад вещества (тела) на элементарные частицы. Поскольку в энергетическом балансе (4) отсутствует энергия, подводимая к телу извне, то и уравнение (4), а значит, и Формула (1) в целом, описывают явление самопроизвольного распада атомных ядер вещества, т. е., явление радиоактивного распада.

Приведенная выше трактовка Формулы не является принципиально новой. Сам Эйнштейн в одной из своих работ [12] (взято из [8]), рассматривая зависимость  $E = m \cdot c^2$ , указывал на то, что выделение энергии в радиоактивных распадах обусловлено эквивалентностью массы покоя (только что это?) и энергии покоя, т. е., как-то связывал физический смысл Формулы с радиоактивным распадом. В [13] приводится формула, связывающая энергию и массу с позиций теории бесконечной вложенности материи. Формула имеет вид:

$$E_0 = m \cdot C_x^2, \quad (11)$$

где  $E_0$  понимается как абсолютная величина полной энергии покоящегося тела;  $m$  – масса в обычном ее понимании;  $C_x$  – характерная скорость частиц, составляющих тело. Рассматривая случай  $C_x = c$  (зависимость (11) принимает вид Формулы), автор указывает, что это возможно только для вещества, из которого образуются нуклоны и элементарные частицы, т. е. выходит, что и здесь все сводится к самопроизвольному радиоактивному распаду вещества.

В итоге можно, очевидно, считать, что имеется достаточно веских доказательств для адекватной применимости Формулы для описания энергетических аспектов радиоактивного распада веществ. При этом символ  $m$  следует понимать не как массу в ее общепринятом понимании, а как инерционно-массовый эквивалент излучения  $m^*$ . Очевидно, что эквивалент  $m^*$  будет зависеть не только от массы тела  $m$ , но и от свойств материала, и для разных материалов будет разным. Естественно, разной для разных материалов будет и энергия покоя (энергия излучения)  $E_0$ .

Что же касается применимости (приемлемости) Формулы для описания других сходных явлений, то категорически отрицать такую возможность, по-видимому, не совсем корректно, поскольку уже сам по себе символический характер ее записи допускает появление самых различных трактовок ее физического смысла. Тем более, что, во-первых, все заключения в данной статье являются, по сути дела, оценками событий (явлений) с позиций земной системы отсчета; во-вторых, в

настоящее время вопросы физического понимания массы, взаимопревращения массы в энергию, и наоборот, вопросы переноса энергии в различных средах, занимают все большее внимание ученых и находятся в стадии активных разработок и исследований [8; 13 - 15]. В то же время, если говорить о сегодняшнем дне, то можно однозначно утверждать, что ни (1) с ее энергией покоя  $E_0$  и обычной массой  $m$ , ни (10) с ее массовым эквивалентом  $m^*$ , не могут быть распространены для описания законов движения материальных тел, перемещающихся относительно земной системы отсчета (система отсчета, скорость которой относительно Земли равна нулю) со скоростями  $v$ , существенно меньшими скорости света. В указанном случае, если и учитывать эйнштейновскую энергию покоя  $E_0$  (внутренняя энергия тела), то полная энергия любого движущегося с малой скоростью материального тела будет определяться суммой:

$$E = m^* \cdot c^2 + m \cdot v^2/2. \quad (12)$$

То есть в земных условиях процессы радиоактивного распада и механического движения развиваются независимо друг от друга.

#### Выводы:

1. В земной системе отсчета формула А. Эйнштейна приобретает определенный физический смысл только при рассмотрении

ее как зависимости, описывающей процесс радиоактивного распада веществ.

2. С позиций существующей ныне языковой идентификации предметов и явлений окружающего нас мира символ  $m$  в (1) следует считать инерционно-массовым эквивалентом энергии излучения. Количественно данный эквивалент может быть определен только косвенным путем по эффекту (по энергии) воздействия излучения на материальное тело. Очевидно, что значения такого эквивалента будут зависеть от свойств каждого конкретного материала, а точнее, от склонности материалов к излучению элементарных частиц.

3. Формула не заменяет и не изменяет структуру традиционных ньютоновских зависимостей. Это не является недостатком Формулы и справедливо, строго говоря, только для условий земной системы отсчета.

P.S. Статья по своему характеру была бы неполноценной без ответа на более чем естественный вопрос банальных прагматиков: можно ли теперь воспользоваться зависимостью (10) для определения энергии, которую можно было бы извлечь из килограмма сыра?

Ответ: в принципе можно, только и  $m^*$ , и  $E_0$  для килограмма сыра будут настолько малыми, что гораздо проще и эффективнее сыр съесть.

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Прохоров И. А. Физический смысл формулы  $E = m \cdot c^2$  / И. А. Прохоров // Энергоинформ-Альтернативная энергетика, энергосбережение, информационно-компьютерные технологии. – 2012. – 16 сентября. – Режим доступа: <http://www.energoinform.org/pointofview/prohorov/fizicheskii-smisl-formuli-e-mc2.aspx>.
2. Масса и энергия. Стоит ли отменять формулу  $E = m \cdot c^2$ . – Режим доступа: <http://crazy-physics.com/massa-i-energiya/stoit-li-otmenyat-formulu-e-mc2.php>. – Название с экрана.
3. Болотовский Б. Простой вывод формулы  $E = m \cdot c^2$  / Б. Болотовский // Квант. – 2005. – № 6. – С. 2–7.
4. Карпенко В. Н. Преодоление последствий релятивизма А.Эйнштейна в физике XX века / Карпенко В. Н., Варин М. П. // Проблемы естествознания на рубеже столетий: сб. науч. статей / ред. С. Григорян. – Санкт-Петербург, 1999. – Режим доступа: <http://www.antirelativity.dp.ua/>.
5. Гладкобородов И. Что означает формула  $E = m \cdot c^2$  и как с ее помощью раздобыть много энергии. // Теории и практики. – 2010. – 15 декабря. – Режим доступа: <http://www.theoryandpractice.ru/>.
6. Теория создания «Эликсира молодости» / Вселенская Единая Корпорация // Вселенная техносфера. – Режим доступа: <http://www.edinetcorp.narod.ru/teorienshtein.htm>
7. Уменьшение массы при приближении к скорости света // Моя библиотека. – 2015. – 20 июля. – Режим доступа: <http://www.mybiblioteka.su>.
8. Окунь Л.Б. Понятие массы (масса, энергия, относительность) // Успехи физических наук. – 1989. – Т.158, вып. 7. – С. 511–530.
9. Окунь Л. Б. Формула Эйнштейна:  $E_0 = m \cdot c^2$ . «Не смеется ли Господь Бог»? / Л. Б. Окунь // Успехи физических наук. – 2008. – Т. 178, вып. 5. – С. 541–555.

10. Робатень С. К вопросу о стандартах 11. Сравнительный анализ двух знаменитых формул / Сергей Олбатень // Академия тринитаризма. –2010. – Эл. № 77-6567, публ. 15903. – 03 мая. – Режим доступа: <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001c/00161639.htm>.
11. Эйнштейн А. Зависит ли инерция тела от содержащейся в нем энергии? / Альберт Эйнштейн // Собрание научных трудов / Альберт Эйнштейн ; под ред. И. Е. Тамма. – Москва, 1966. – Т. 1. – С. 36.
12. Einstein A. Vier Vorlesungen Über Relativitätstheorie gehalten im Mai 1921 an der Universität Princeton / A. Einstein. – Braunschweig : Vieweg und Sohn, 1922.
13. Федосин С. Эквивалентность массы и энергии / С. Федосин. – Режим доступа <http://serg.fedosin.ru/ec.ht>. – Название с экрана.
14. Компанеец А. И. Борьба Н.А. Умова за материализм в физике / А. И. Компанеец ; Акад. наук СССР, Институт философии. – Москва : Изд-во АН СССР, 1954. – Режим доступа: <http://bourabai.kz/umov/compan.htm>.
15. Умов Н. А. Уравнения движения энергии в телах (1874) / Н. А. Умов // Избранные сочинения / Н. А. Умов ; под ред. А. С. Предводителева. – Москва ; Ленинград, 1950. – С. 151-200.

## REFERENCES

1. Prokhorov I.A. *Fizicheskij smysl formuly  $E = m \cdot c^2$*  [The physical meaning of the formula  $E = m \cdot c^2$ ]. *Energoinform-Alt'ernativnaya energetika, energosberezhenie, informacionno-komp'yuternye tehnologii* [Energoinform - Alternative Energy, energy, information and computer technology]. September 16, 2012. Available at: <https://www.energoinform.org/> (in Russian).
2. *Massa i energiya. Stoit li otmenjat' formulu  $E = m \cdot c^2$*  [The mass and energy. Should we cancel the formula  $E = m \cdot c^2$ ]. Available at: <https://www.craze-physics.com/massa-i-energiya/> (in Russian).
3. Bolotovskij B. *Prostoj vyvod formuly* [Simple derivation of the formula  $E = m \cdot c^2$ ]. *Kvant* [Quantum]. 2005, no. 6, pp. 2 – 7. (in Russian).
4. Karpenko V.N. and Varin M.P. *Preodolenie posledstvij relyativizma A.Ejnshtejna v fizike XX veka* [Overcoming the effects of relativity of A. Einstein in physics of the twentieth century]. *Problemy estestvoznaniya na rubezhe stoletij* [Problems of Natural History at the turn of the century]. Eds. Grigoryan S. Sankt-Peterburg, 1999. Available at: <https://www.antirelativity.dp.ua/> (in Russian).
5. Gladkobodov I. *Chto oznachaet formulu  $E = m \cdot c^2$  i kak s ee pomoshch'yu razdobyt' mnogo energii* [What means the formula  $E = m \cdot c^2$  and how to use it to get a lot of energy]. *Teorii i praktiki* [Theories and practices]. December 15, 2010. Available at: <https://www.theoryandpractice.ru/> (in Russian).
6. *Teoriya sozdaniya «Eliksira molodosti»* [The theory of the creation of the "Elixir of youth"]. *Vselenskaya Edinaya Korporaciya* [Universe Unit Corporation]. Available at: <https://www.edinetcorp.narod.ru/> (in Russian).
7. *Umen'shenie massy pri priblizhenii k skorosti sveta* [Weight reduction while the speed approaching of light]. *Moya biblioteka* [My library]. July 20, 2015. Available at: <https://www.mybiblioteka.su/> (in Russian).
8. Okun' L.B. *Ponyatie massy (massa, energiya, otноситel'nost')* [Concept of mass (mass, energy, relativity)]. *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Successes of physical sciences]. 1989, vol. 158, iss. 7, pp. 511–530. (in Russian).
9. Okun' L.B. *Formula Ejnshtejna:  $E_0 = m \cdot c^2$  «Ne smeetsya li Gospod' Bog?»* [Einstein's formula:  $E_0 = m \cdot c^2$ . "It is not the Lord laughing"?]. *Uspekhi fizicheskikh nauk* [The successes of the physical sciences]. 2008, vol. 178, iss. 5, pp. 541 – 555. (in Russian).
10. Robaten' S.K. *K voprosu o standartakh 11. Sravnitel'nyj analiz dvukh znamenitykh formul* [To quistion about standart. 11. Comparative analysis of two famous formulas]. *Akademiya trinitarizma* [Academy of trinitarizmus]. 2010, no. 77-6567, iss. 15903, May 03. Available at: <https://www.trinitas.ru/> (in Russian).
11. Einstein A. *Zavisit li inerciya tela ot sodержashchejsya v nem energii?* [Does the inertia of a body depend from the energy contained in it?]. Moskva: Nauka, 1966, vol. 1, p. 36. (in Russian).
12. Einstein A. *Vier Vorlesungen Über Relativitätstheorie gehalten im Mai 1921 an der Universität Princeton*. Braunschweig: Vieweg und Sohn, 1922. (in German).
13. Fedosin S. *Ekvivalentnost' massy i energii* [The equivalence of mass and energy]. Available at: <https://www.serg.fedosin.ru/> (in Russian).
14. Kompaneets A.I. *Bor'ba N.A. Umova za materializm v fizike* [Fighting of Umov N.A. for materialism in physics]. *Akad. nauk SSSR, Institut filosofii* [Academy of Sciences of SSSR, Institute of Philosophy]. Moskva: Izd-vo AN SSSR, 1954. Available at: <http://bourabai.kz/umov/compan.htm>. (in Russian).
15. Umov N.A. *Urvneniya dvizheniya energii v telakh (1874)* [The equations of motion in the bodies of power (1874)]. *Izbrannye sochineniya* [Selected works]. Moskva; Leningrad, 1950, pp. 151-200. (in Russian).

Рецензент: д-р т. н., А. В. Плеханов

Надійшла до редколегії: 27.10.2015 р. Прийнята до друку: 23.11.2015 р.