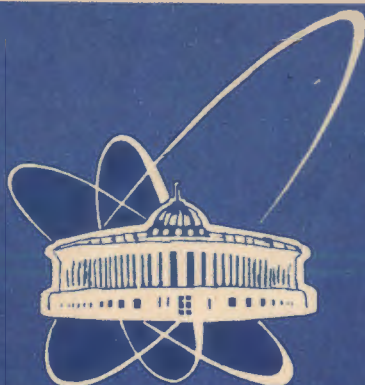


95-473



СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

Д2-95-473

В.Н.Стрельцов

О ФОРМУЛЕ  $E = mc^2$

1995

Введение. Предыдущую работу автора [1] о нековариантности закона инерции энергии (ЗИЭ) можно рассматривать как окончательный приговор все еще бытующему представлению о росте массы со скоростью. В этой работе отмечается, что знаменитая формула Эйнштейна

$$E = mc^2 \quad (1)$$

противоречит лоренц-ковариантности; она справедлива только в системе покоя\*. Ее место должна занять формула Минковского [3]

$$E = mc^2 dt / d\tau = m\gamma c^2, \quad (2)$$

где  $\tau$  — собственное время,  $\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}$  — лоренц-фактор и  $\beta c$  — скорость движения физического объекта.

Формула Минковского является просто временной компонентой знакомого ковариантного выражения (см., например, [4])

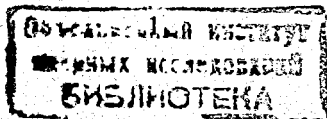
$$p^i = mu^i, \quad (3)$$

где слева фигурирует 4-вектор энергии-импульса  $p^i = (E/c, \mathbf{p})$ , а справа — 4-скорость  $u^i = dx^i/d\tau$ . Здесь прямо видно, что  $m$  — это лоренцев скаляр (инвариант).

Следует, впрочем, подчеркнуть, что в известных лекциях Эйнштейна [5] также фигурирует формула (3). Однако в них же немного дальше мы читаем: «Масса тела не постоянна; она меняется вместе с его энергией», т.е. здесь  $m$  уже как бы утрачивает свойства инварианта. А еще ниже читаем, что если мы разложим  $E$  по степеням  $\beta^2$ , то получим ( $c = 1$ )

$$E = m + \frac{m}{2}\beta^2 + \frac{3}{8}m\beta^4 + \dots, \quad (4)$$

\*Детальное обсуждение современных представлений о соотношениях между массой и энергией можно найти в статье Окуня [2].



т.е. утраченная было инвариантность массы «возвращается». Подобную непосредственность мы имеем и в современных книгах, где излагается теория относительности.

Считают, что обсуждаемая проблема имеет сугубо методический характер. Однако вытекающая фактически из формулы (2) нековариантность ЗИЭ, а следовательно, и неправомёрность представления о зависимости массы от скорости, ведет к глубоким последствиям [6].

*Сомнительность аргументов в пользу тензорного потенциала тяготения.* Дело в том, что именно представление о росте массы со скоростью:  $m_v = m\gamma$  — послужило в свое время, как кажется, решающим аргументом в пользу описания гравитационного потенциала с помощью тензора 2-го ранга. Приведем мыслимые здесь рассуждения (см., например, [7]). Начнем с того, что потенциалы Кулона и Ньютона

$$\phi_C^* = \frac{e}{R^*}, \quad \phi_N^* = -G \frac{m}{R^*}, \quad (5a, б)$$

т.е. в системе покоя  $S^*$  соответствующих заряда  $e$  и массы  $m$ , имеют аналогичный вид. При этом электрический потенциал преобразуется как компонента 4-вектора. Если учесть, что «гравитационный заряд» (масса), в отличие от электрического, растет со скоростью, то гравитационный потенциал за счет дополнительного лоренц-фактора должен вести себя подобно тензору 2-го ранга. Другие, но по существу схожие с предыдущими, рассуждения основываются на том, что в соответствии с ЗИЭ источником гравитационного поля становится энергия. А поскольку энергия является компонентой 4-вектора, то это же качество приобретает и «гравитационный заряд» и т.д.

*Возражение 1.* Как мы уже подчеркивали, в теории относительности масса (как и электрический заряд) является инвариантом (лоренцевым скаляром). Поэтому приведенные соображения в пользу тензорного характера потенциала тяготения теряют смысл. В результате аналогия с электродинамикой, казалось бы, должна сохраниться.

*Возражение 2.* В движущейся системе  $S$  для электрического потенциала Лиенара — Вихерта имеем

$$\phi_{LW} = \frac{eu^0}{u_i R^i} = \frac{e\gamma}{s}, \quad (6)$$

где  $s$  — лоренцев скаляр. Как видно, здесь в числителе фигурирует произведение заряда на временную компоненту 4-скорости, или лоренц-фактор. Поэтому при больших скоростях можно условно говорить об эффективном росте заряда:  $e_v = e\gamma$ , что по сути дела сродни представлению о росте массы. Тем не менее для электромагнитного потенциала мы имеем только 4-вектор, кстати, как раз благодаря указанному произведению. Таким образом, даже оставаясь

в рамках нековариантного представления о зависимости массы от скорости мы не имеем оснований для повышения ранга потенциала тяготения.

*Возражение 3,* наконец, связано с релятивизацией уравнения Пуассона. Ввиду нековариантности ЗИЭ замена плотности массы ( $\rho = J^0$ ) на плотность энергии ( $\epsilon = T^{00}$ ) в правой части уравнения также является нековариантной, а следовательно, незаконной операцией. Фигурирующий в левой части гравитационный потенциал должен представлять собою (как и  $J^0$ ) компоненту 4-вектора [8].

С учетом сказанного становится актуальным дальнейшее развитие лоренц-ковариантной теории тяготения, основой которой является релятивистский (4-векторный) потенциал Ньютона (см., например, [9,6]).

*Существование античастиц* является специфическим результатом формулы Минковского [10]. Так, при отражении времени  $t = -|t|$  мы будем иметь движение объектов с отрицательной энергией  $p^0 c = -|E|$  вспять во времени. Это полностью аналогично движению в отрицательном направлении оси  $x$  с импульсом  $p^1 = -|p_x|$  при зеркальном отражении. Но первая картина совершенно не согласуется с нашим повседневным опытом, основанным на существовании «стрелы времени»: Поскольку мы принадлежим к макромиру, то не можем видеть частицу, движущуюся назад во времени. Мы будем воспринимать это явление «реинтерпретированным». Образно говоря, подобно тому как переворачиваются (реинтерпретируются) видимые глазом изображения предметов. Так, согласно процедуре реинтерпретации, меняются местами начальное и конечное состояния, что приводит к изменению знаков энергии, импульса, заряда и спиральности частиц. Например, вместо электрона мы «видим» положительно заряженный позитрон и т.п.

Следует подчеркнуть, что в рамках этого подхода устраняются все трудности, присущие дираковскому вакууму с бесконечным зарядом, бесконечной отрицательной энергией и т.д. С другой стороны, таких вопросов, как, скажем, равенство масс частиц и античастиц, их времен жизни и т.п. в общепринятом подходе требуются специальные доказательства, здесь вообще не возникает.

Как вытекает из сказанного, по существу  $T$ -операция приводит вас к античастицам. Поэтому, как представляется, нарушение  $T$ -инвариантности должно приводить к невозможности самого «введения» античастиц, т.е. сопровождаться нарушением закона сохранения лептонного заряда (например, в  $K_1^0$ -распадах).

Вместе с тем, поскольку  $P$  и  $T$ -операции являются «проекциями» релятивистского отражения (4-инверсии), несохранение  $P$ -четности должно автоматически привести к нарушению  $P$ , а следовательно, и ее «компоненты»  $T$ .

**Заключение.** Бытующее представление о зависимости массы от скорости является по существу следствием ЗИЭ, выражаемого эйнштейновской формулой (1). Насколько можно судить, именно на основании этого представления гравитационному потенциалу были приписаны свойства тензора 2-го ранга. Поэтому установление нековариантности ЗИЭ означает, что неверно и само представление о росте массы со скоростью. В результате рухнет основа теорий гравитации с тензорным потенциалом и становится актуальным дальнейшее развитие лоренц-ковариантной теории тяготения. Другим специфическим следствием формулы Минковского (2), выражающей ковариантную связь между энергией и массой, является существование античастиц.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Strel'tsov V.N. — JINR Commun. D2-95-294, Dubna, 1995.
2. Okun L.D. — Sov. Phys. Usp., 1989, 32, p.629; Phys. Today, 1989, 42, p.31.
3. Minkowski H. — Phys. Zs., 1909, 10, p.104.
4. Landau L.D., Lifshitz E.M. — The Theory of Field. M.: Nauka, 1988, §9.
5. Einstein A. — The Meaning of Relativity. Princeton Univ. Press., Princeton, NY, 1921.
6. Strel'tsov V.N. — JINR Commun. D2-95-331, Dubna, 1995.
7. Zel'dovich Ya.B., Novikov I.D. — The Theory of Gravity, and Evolution of the Stars. Nauka, M., 1971, Ch.2, §3.
8. Strel'tsov V.N. — JINR Commun. D2-94-326, Dubna, 1994.
9. Jefimenko O.D. — Causality, Electromagnetic Induction, and Gravitation. Electret Sci., Star City, 1992.
10. Strel'tsov V.N. — Phys. Essays, 1992, 5, p.201.

Рукопись поступила в издательский отдел  
22 ноября 1995 года.