5

JINR P2-95-216

Fermilab Library
0 1176 0004951 6

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

JINR P2-95-216

В.Н.Стрельцов

FERMILAB
NOV 20 1995
LIBRARY

РЕЛЯТИВИСТСКАЯ СИЛА ТЯГОТЕНИЯ НЬЮТОНА

Направлено в журнал «Известия вузов, серия физика»

1995

В свое время потенциалы электромагнитного поля движущегося заряда (потенциалы Лиенара — Вихерта) были получены как следствие лоренц-преобразования потенциала Кулона [1]. При «релятивизации» кулоновского потенциала учитывался эффект запаздывания действия поля путем привлечения 4-вектора светового (запаздывающего) расстояния.

Потенциал Ньютона гравитационного поля покоящегося тела (частицы) массы m имеет вид

$$\varphi^* = -G\frac{M}{R^*} \tag{1}$$

(S^* — система), где G — гравитационная постоянная, и аналогичен потенциалу Кулона. Поэтому, без сомнения (см., в частности, [2]), в результате «релятивизации» последнего выражения мы также должны получить потенциалы запаздывающего типа.

Релятивистский потенциал Ньютона [3]. Для перехода к системе отсчета (S), где частица движется со скоростью Bc, воспользуемся преобразованиями Лоренца. При этом мы учтем, что инвариантная запись знаменателя имеет вид

$$R^* = 1 \cdot R_0^* = U_*^i R_i^* = U^i R_i \,. \tag{2}$$

Здесь 4-скорость $U_*^i = (1,0,0,0)$, R^i — 4-вектор светового, или запаздывающего расстояния $R^i = (cT,\ R^\alpha)$. Формулу (2) можно также представить в виде

$$U^i R_i = \Gamma R + B^\alpha \Gamma R_\alpha = R(1 - B\cos\vartheta)\Gamma, \tag{3}$$

где $\Gamma = (1 - B^2)^{-1/2}$, а ϑ — угол между радиус-вектором запаздывающего расстояния и вектором скорости.

Теперь мы должны установить как преобразуется левая часть (1). Для этого обратимся к уравнению Ньютона — Пуассона для непрерывного распределения материи:

$$\Delta\varphi^* = 4\pi G\rho^* \,. \tag{4}$$

С учетом того, что при релятивизации (4) оператор Лапласа заменяется лоренц-инвариантным оператором Даламбера, характер преобразования потенциала в левой части (4) будет непосредственно определяться преобразованием ρ^*. Но, как мы знаем, плотность массы является временной компонентой соответствующего 4-вектора плотности тока материи J^i. Иными словами, ньютонов потенциал (будучи 3-скаляром) должен с необходимостью также описываться временной компонентой 4-вектора ($\varphi = g^0$). В результате для гравитационного потенциала релятивистской частицы будем иметь

$$g^i = -G\frac{MU^i}{R(1 - B\cos\vartheta)\Gamma}\,. \tag{5}$$

В частности, для временной компоненты, или «собственно» ньютонова потенциала получим

$$g^0 = \varphi = -G\frac{M}{R(1 - B\cos\vartheta)}\,. \tag{6}$$

Соответствующее релятивистское обобщение силы Ньютона имеет вид

$$F^i = -mG^{ik}u_k, \tag{7}$$

где G^{ik} — тензор напряженности гравитационного поля. Для отвечающего (4) ковариантного уравнения Ньютона — Пуассона будем иметь

$$\Box g^i = 4\pi G J^i. \tag{8}$$

Напряженности гравитационного поля, как мы будем предполагать, описываются симметричным тензором 2-го ранга. В случае антисимметричного тензора мы, очевидно, имели бы полную аналогию с электромагнитным полем и, в частности, уравнения Максвелла в качестве уравнений поля. Теории такого типа достаточно широко рассматривались в свое время (см., например, [4]). Следует упомянуть также лоренц-ковариантные теории гравитации Пуанкаре — Минковского [5].

В рамках нашего подхода для напряженности гравитационного поля равномерно движущегося тела будем иметь

$$G^{ik} = G\frac{M}{(U^iR_i)^3}(U^iR^k + U^kR^i)\,. \tag{9}$$

В результате на основании (4) выражение для релятивистской силы Ньютона будет иметь вид

$$\mathbf{F} = -G\frac{M\Gamma^{-2}\gamma}{R^2(1 - \mathbf{Bn})^3}[\mathbf{B}(1 + \boldsymbol{\beta}\mathbf{n}) + \mathbf{n}(1 + \boldsymbol{\beta}\mathbf{B})]\,, \tag{10}$$

где $\mathbf{n} = \mathbf{R}/R$, $\boldsymbol{\beta} = u^{\alpha}/u^{0}$, $\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}$, $\mathbf{B} = U^{\alpha}/U^{0}$, $\Gamma = (1 - B^2)^{-1/2}$.

Вместе с тем, согласно общепринятым в настоящее время представлениям поля тяготения описываются общей теорией относительности (ОТО). Сущность ОТО заключается в обобщении псевдоэвклидовой метрики четырехмерного пространства-времени специальной теории относительности (СТО) до римановой метрики. Отметим, что к идее о римановой геометрии создатель ОТО Эйнштейн подошел со стороны требования общей ковариантности уравнений физики. При этом фактически главной задачей было обобщение уравнения Пуассона. Здесь очень существенно, и это еще подчеркивал Гроссман [6], что на ОТО Эйнштейна распространяются все прежние понятия тензорного анализа, разработанные Минковским, Зоммерфельдом, Лауэ и другими для СТО (в четырехмерной форме).

Напомним, что в рамках ОТО на основе «эквивалентности массы и энергии» в правой части уравнения Пуассона (4) плотность массы заменяется на плотность энергии (см., например, [7]). Но плотность массы является компонентой 4-вектора, тогда как плотность энергии это компонента тензора 2-го ранга. Тем самым нарушается условие 4-ковариантности*. Больше того, в результате оказывается нарушенным один из основных методологических принципов физики — принцип соответствия. Первопричина же здесь заключается в том, что исходный «закон эквивалентности массы и энергии» противоречит лоренц-ковариантности [8].

Нековариантность «эквивалентности массы и энергии». Можно сказать, что это широко известное утверждение имеет «дорелятивистское» происхождение. Здесь имеется в виду, что оно было высказано еще до открытия четырехмерной формулировки теории относительности. Такое утверждение можно признать страведливым только в покоящейся системе отсчета, когда материальное тело после потери энергии, скажем в форме излучения, остается в покое. В этом случае изменение энергии (покоя) тела ΔE^*, вызванное излучением, с точностью до постоянной c^2 действительно эквивалентно изменению массы тела:

$$\Delta E^* = \Delta mc^2. \tag{11}$$

Поскольку масса — скаляр, то при переходе к другой системе отсчета она не преобразуется в отличие от энергии — временной компоненты 4-вектора. Поэтому в движущейся системе, где $\Delta E = \Delta E^* \gamma$, уже

$$\Delta E \neq \Delta mc^2,$$

*Которое можно рассматривать как математическое выражение требования общековариантности.

т.е. эквивалентность не имеет места. Больше того, если любой массе отвечает энергия, то не любой энергии отвечает масса. Подробное изложение современных представлений о соотношении между массой и энергией можно найти в статье Л.Б.Окуня [9].

Подчеркнем, что знаменитая эйнштейновская формула относится только к системе покоя. В общем же она заменяется на

$$E = m\gamma c^2. \tag{12}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Strel'tsov V.N. — JINR Commun. D2-93-437, Dubna, 1993.
2. Einstein A. — The Meaning of Relativity. Princeton Univ. Press, N.Y., 1921, L.4.
3. Strel'tsov V.N. — JINR Commun. D2-94-326, Dubna, 1994.
4. Визгин В.П. — Релятивистская теория тяготения, М.: Наука, 1981, гл.I, §2.
5. Там же — Гл.II, §1.
6. Einstein A., Grossman M. — Z. Math. Phys., 1913, v.62, p.225.
7. Einstein A. — Ann. Phys., 1916, v.49, p.769.
8. Strel'tsov V.N. — JINR Commun. D2-94-481, Dubna, 1994.
9. Окунь Л.Б. — УФН, 1989, т.158, с.511.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 мая 1995 года.

Стрельцов В.Н. Р2-95-216

Релятивистская сила тяготения Ньютона

На основе релятивистского потенциала Ньютона получены выражения для напряженностей гравитационного поля и силы тяготения Ньютона. Показано, что известное утверждение об эквивалентности массы и энергии противоречит лоренц-ковариантности.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1995

Перевод автора

Strel'tsov V.N. P2-95-216

The Relativistic Newton Force of Gravity

Based on the relativistic Newton potential the expressions for the gravitational field strengths and the Newton force of gravity are obtained. It is shown that the known statement of the equivalence of mass and energy contradicts the Lorentz covariance.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 1995