

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

96-66

Д2-96-66

В.Н.Стрельцов

ГРАВИТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ
НЕ МОЖЕТ БЫТЬ ТЕНЗОРОМ

1996

ВВЕДЕНИЕ

Ранее было обращено внимание (см., например, [1]) на то, что представление о росте массы со скоростью лежит фактически в основе закона инерции энергии (ЗИЭ), который считается одним из основных результатов теории относительности. Поэтому отказ от нековариантного положения о зависимости массы от скорости* означает отказ и от ЗИЭ.

Однако дело в том, что как само представление, так и ЗИЭ послужили в свое время основанием для приписывания потенциалу тяготения свойств тензора 2-го ранга (см., например, [2]). Поэтому устранение выявленной нековариантности должно сопровождаться отказом от описания гравитационного поля посредством тензорного потенциала [3].

Ввиду исключительной важности этой проблемы ниже мы приведем дополнительные соображения на этот счет.

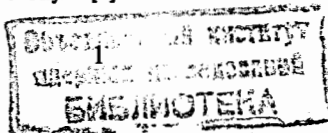
1. МАССА НЕ МОЖЕТ БЫТЬ 4-ВЕКТОРОМ

Предыдущее утверждение вряд ли вызовет возражение у кого-нибудь. Этого нельзя сказать о другом утверждении, согласно которому масса является инвариантной величиной (независимой от скорости). Очевидно, что последнее положение прямо противоречит бытующему представлению о релятивистском росте массы со скоростью. Между тем второе утверждение является попросту ковариантной формулировкой первого. Дело в том, что зависимость некоторой физической величины от скорости автоматически означает, что эта величина является компонентой 4-вектора. Одну компоненту имеет только скаляр (инвариантная величина). Поэтому рост массы со скоростью означает наличие еще трех пространственных компонент, которые могут принимать и отрицательные значения и т.п.

Представленные здесь и прежде соображения** относительно инвариантности массы, по нашему мнению, более чем убедительны. Однако ввиду того,

*В рамках ковариантной формулировки теории относительности масса является инвариантом (лоренцевым скаляром).

**Особо обращаем внимание на статью Окуня [4].



что все еще имеется достаточно большое число сторонников представления о росте массы со скоростью (особенно среди неспециалистов), мы приведем еще одно простое соображение.

Упрощенное выражение 2-го закона Ньютона имеет вид

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

где m — масса тела, \mathbf{w} — его ускорение, \mathbf{F} — действующая сила. Для его ковариантного обобщения имеем

$$F^i = mw^i, \quad (1b)$$

где $i = 0, 1, 2, 3$. Здесь слева фигурирует 4-вектор мощности-силы, а справа — 4-вектор ускорения, откуда с очевидностью следует, что масса m — это лоренцев скаляр (инвариант).

2. ГРАВИТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НЕ МОЖЕТ БЫТЬ ТЕНЗОРОМ

Начнем с релятивистского обобщения выражения для потенциальной энергии (P^0) частицы массы m в гравитационном поле с потенциалом $g(=g^0)$:

$$P^i = mg^i. \quad (2)$$

Очевидно, что признание инвариантности массы («гравитационного заряда») с необходимостью ведет к 4-векторному потенциалу тяготения.

Возможные возражения здесь связаны с представлением соответствующей (2) формулы в виде $P^i = mg^{ik}u_k$, где u_k — 4-скорость. Хотя в этом случае утрачивает смысл само понятие потенциальной энергии как энергии, зависящей только от положения во внешнем поле. Действительно, согласно последней формуле «потенциальная» энергия оказывается зависящей также от «кинетической» характеристики — скорости частицы. С другой стороны, последнее выражение можно представить в виде $P^i = m_k g^{ik}$, где m_k — 4-вектор массы. Откуда прямо видно, что тензорный потенциал тяготения, образно говоря, является «порождением» 4-вектора массы.

Обратимся теперь к формуле для запаздывающего гравитационного потенциала [5]

$$g^i = -G \frac{mu^i}{u^i R_i} = -G \frac{mu^i}{s}, \quad (3)$$

где R^i — 4-вектор запаздывающего (светового) расстояния $R^i = (cT, R^\alpha)$, $T = R/c$. Выпишем отдельно временную компоненту потенциала

$$g^0 = -G \frac{mu^0}{s}, \quad g_*^0 = -G \frac{m}{R^*} = -G \frac{m}{s}. \quad (4a, b)$$

Здесь справа представлен также потенциал в системе покоя, т.е. потенциал Ньютона. Как видно, знаменатели этих выражений совпадают. Посмотрим теперь на числители. Если в (4b) фигурирует масса, то в (4a) — это энергия, т.е. как бы энергия выступает в роли источника гравитационного поля.

Именно это положение, как известно, служит в общей теории относительности основой для повышения ранга потенциала тяготения (скажем, по отношению к электромагнитному), хотя исходные потенциалы Ньютона и Кулона имеют аналогичный вид. Однако, как явствует из предыдущих рассуждений, для этого нет абсолютно никаких оснований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из формулы для потенциальной энергии гравитационного поля с учетом инвариантности массы прямо следует 4-векторный характер потенциала тяготения. При этом положение, что энергия является источником гравитационного поля, отнюдь не означает повышения ранга гравитационного потенциала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Strel'tsov V.N. — JINR Commun. D2-95-223, Dubna, 1995.
2. Strel'tsov V.N. — JINR Commun. D2-95-331, Dubna, 1995.
3. Strel'tsov V.N. — JINR Commun. D2-95-473, Dubna, 1995.
4. Okun' L.B. — Sov. Phys. Usp., 1989, 32, p.629.
5. Стрельцов В.Н. — Сообщение ОИЯИ Д2-94-326, Дубна, 1994.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 февраля 1996 года.