

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

Д2-96-353

В.Н.Стрельцов

ТЕНЗОР ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ

1996

Тензор гравитационного поля

Три основных гравитационных эффекта (смещение перигелия Меркурия, отклонение света и красное смещение) рассматриваются с позиций лоренц-ковариантной теории тяготения. Существенную роль в этой теории, опирающейся на релятивистский (4-векторный) потенциал Ньютона, играет тензор гравитационного поля.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1996

The Gravitational Field Tensor

Three main gravitational effects (the displacement of Mercury's perihelion, the light deflection and the red shift) are considered from positions of the Lorentz covariant theory of gravitation. The gravitational field tensor plays the important role in this theory which is based on the relativistic (4-vector) Newton's potential.

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

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

Ниже мы коснемся трех основных гравитационных эффектов, объяснение которых считается прерогативой общей теории относительности, с позиции лоренц-ковариантной теории тяготения (ЛКТТ).

Напомним, что в рамках ЛКТТ релятивистское уравнение Пуассона имеет вид

$$\square g^i = 4\pi G J^i. \quad (1)$$

Здесь справа фигурирует 4-вектор плотности тока массы, откуда, в частности, следует, что релятивистский потенциал тяготения также должен описываться 4-вектором. Само выражение для потенциала

$$g^i = -G \frac{M U^i}{R^i U_i} \quad (2)$$

может быть получено с помощью лоренц-преобразования потенциала Ньютона [1]. Здесь M — масса движущейся частицы, U^i — ее 4-скорость, R^i — запаздывающее (световое) расстояние, $i = 0, 1, 2, 3$.

Отметим также, что полные энергия и импульс частицы с массой m и 4-скоростью u^i в гравитационном поле будут описываться формулой

$$P^i = p^i + p_g^i = m(u^i + g^i/c). \quad (3)$$

На основании (2) для тензора гравитационного поля (в отсутствии ускорения) в соответствии с тем, является ли он антисимметричной или симметричной величиной*, получим [2]

$$G^{ik} = G \frac{M c^2}{(R^i U_i)^3} (R^i U^k \mp R^k U^i - \delta^{ik} R^j U_j). \quad (4)$$

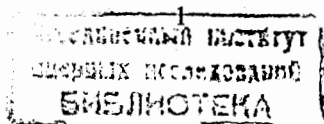
В результате для релятивистской силы тяготения Ньютона

$$F^i = -m G^{ik} u_k / c = -p_k G^{ik} / c \quad (5)$$

будем иметь

$$F_a^i = -G \frac{m M \Gamma^{-2} \gamma}{R^2 (1 - \beta n)^3} [n(1 + \beta V) \mp V(1 + \beta n) + \beta (V^0 n)], \quad (6)$$

*Очевидно, что в первом случае G_a^{ik} мы имеем полную аналогию с электродинамикой, что порождает вопрос: чем, скажем, на элементарном уровне квант гравитационного поля — гравитон — отличается от фотона? Впрочем, поставленный вопрос полностью не снимается и для G_s^{ik} .



где $\mathbf{n} = \mathbf{R}/R$, $\beta = u^\alpha/u^0$, $\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}$, $\mathbf{V} = U^\alpha/U^0$, $\Gamma = (1 - V^2)^{-1/2}$, u^i — 4-скорость «пробной» частицы массы m , $\alpha = 1, 2, 3$.

Перейдем теперь непосредственно к гравитационным эффектам.

Что касается аномального векового смещения перигелия Меркурия, то, как уже отмечалось [3], при его расчете необходимо использовать выражение (6) для силы.

Гравитационное отклонение света (фотона), скажем, в поле Солнца в соответствии с (5) будет даваться выражением

$$\mathbf{F} = -p_0 G^{0\alpha}/c = -G \frac{\mathcal{E}}{c^2} \frac{M_c \mathbf{n}}{R_c^2}, \quad (7)$$

где \mathcal{E} — энергия фотона, M_c и R_c — масса и радиус Солнца.

Прежде, чем перейти к обсуждению третьего эффекта — красного смещения спектральных линий, обратим внимание на следующее. Поскольку полная энергия помещенного в гравитационное поле излучателя согласно (3) уменьшается:

$$E_u = Mc^2(1 - G/Rc^2), \quad (3')$$

то пропорционально должна уменьшаться и энергия излучаемого света. Очевидно, что в предельном случае нулевой полной энергии источник вообще не сможет излучать. Иначе говоря, для частоты света, излучаемого в поле тяготения, будем иметь

$$\nu_g = \nu_0 a = \nu_0(1 + g^0/c^2). \quad (8)$$

Здесь ν_0 — частота света в отсутствии гравитационного поля, a — отмеченный коэффициент пропорциональности (отношение соответствующих полных энергий излучателя, описываемых формулой (3)).

Представленные соображения настоятельно побуждают нас обратиться к ЛКТТ [4,5], основой которой является релятивистский (4-векторный) потенциал тяготения Ньютона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Strel'tsov V.N. — JINR Commun. D2-94-324, Dubna, 1994.
2. Idem — JINR Commun. D2-95-223, Dubna, 1995.
3. Idem — JINR Commun. D2-96-5, Dubna, 1996.
4. Jefimenko O.D. — Causality, Electromagnetic Induction and Gravitation. Electret Sci., Star City, 1992.
5. Strel'tsov V.N. — JINR Commun. D2-95-331, Dubna, 1995.

Рукопись поступила в издательский отдел
1 октября 1996 года.