сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

Д2-94-331

В.Н.Стрельцов

«ПРОБЛЕМА 4/3» КАК СЛЕДСТВИЕ НЕКОВАРИАНТНОСТИ СОКРАЩЕННОЙ ДЛИНЫ

1994

«Проблема 4/3» тесно связана с другой известной проблемой электромагнитной массы заряда, а ее современная трактовка восходит фактически к работе Лоренца 1904 г. [1]. Несколько ранее похожие результаты были получены также Абрагамом [2].

Напомним, что название рассматриваемой проблемы связано, в частности, с появлением дополнительного коэффициента 4/3 в выражении для импульса электромагнитного поля движущегося заряда. Так, при движении вдоль оси X для энергии (G^0) и импульса (G^1) имеем

$$G^n = [(1+\beta^2/3)\mu c\gamma\,,\,(4/3)\mu\beta c\gamma\,,\,0\,,\,0]\,. \tag{1}$$

Здесь $\mu = \mathcal{E}^*/c^2$, $\mathcal{E}^*$ — электростатическая энергия покоящегося заряда, $\beta c = v_x$ — скорость движения заряда, $\gamma = (1-\beta^2)^{-1/2}$. Очевидно, что выражение (1) существенно отличается от известной релятивистской формулы для 4-импульса частицы с массой m:

$$p^i = (mc\gamma,\ m\beta c\gamma, 0, 0). \tag{2}$$

Нековариантность выражения (1), с другой стороны, должна означать неинвариантность соответствующего скаляра — интервала (или квадрата G^n) в импульсном пространстве Минковского. Действительно, в этом случае имеем

$$s_e^2 = (1-\beta^2/9)\mu^2c^2\,, \tag{3}$$

т.е. интервал s_e зависит от скорости. Поэтому требуемое условие неизменности интервала при переходе к движущейся системе отсчета нарушается:

$$s_e \neq s_e^*\,. \tag{4}$$

В то же время на основании (2)

$$s_m^2 = p^ip_i = m^2c^2 = (s_m^*)^2\,, \tag{5}$$

т.е. интервал s_m является лоренц-инвариантной (не зависящей от скорости) величиной.

Казалось бы, обсуждаемая проблема должна была бы приобрести ясность после предложенной Лауэ [3] явно ковариантной формулы:

$$G^i = \int T^{ik} dv_k . \tag{6}$$

Здесь T^{ik} — тензор энергии-импульса электромагнитного поля, dV_k — элемент объема. В соответствии с общепринятым (эйнштейновским) определением размеров движущихся объектов имеем (см., например, [4])

$$dV_n^c = (dV, 0, 0, 0) = (dxdydz, 0, 0, 0) , \tag{7}$$

а с учетом формулы $dx = dx^* \gamma^{-1}$ сокращение пространственного объема при движении. В результате для соответствующего (7) интервала найдем

$$S_c = dV = dV^* \gamma^{-1} \neq S_c^* . \tag{8}$$

Поскольку интервал сокращенного объема S_c зависит от скорости, это означает, что dV_n^c не является ковариантной величиной [5]. Впрочем, этот результат следует уже из самой записи (6). Действительно, нековариантность левой части (6) должна означать нековариантность, по крайней мере, одного из сомножителей в правой части. Поскольку лоренц-ковариантность T^{ik} сомнений не вызывает, то очевидно, что «источником нековариантности» является элемент сокращенного объема [6].

Следует отметить, что первые попытки разрешения «проблемы 4/3» сводились к видоизменению первого сомножителя[1].

С другой стороны, в рамках концепции релятивистской (локационной) длины (см., например, [7]) вместо (7) имеем

$$dV_i = (dV, -\beta dV, 0, 0) ; \tag{9}$$

откуда с учетом формулы удлинения

$$dV = dV^* \gamma \tag{10}$$

[1]Т.е. фактически нарушением ковариантности T^{ik} пытались компенсировать нековариантность второго сомножителя.

лоренц-инвариантность (постоянство) соответствующего интервала следует с очевидностью.

При использовании (9) вместо (7) в формуле (6) (см., например, [8]) мы имеем справа произведение двух ковариантных величин, что автоматически обеспечивает ковариантность левой части.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lorentz H.A. — Proc. Roy. Acad., Amsterdam, 1904, vol.6, p.809.
2. Abraham M. — Ann. Phys., Leipzig, 1903, vol.10, p.105.
3. von Laue M. — Ibid., 1911, vol.35, p.124.
4. Moller C. — The Theory of Relativity, Clarendon, Oxford, 1972, sec.4.17.
5. Strel'tsov V.N. — JINR Comm. D2-93-208, Dubna, 1993.
6. Khvastunov M.S., Strel'tsov V.N. — JINR Comm. E2-94-138, Dubna, 1994.
7. Strel'tsov V.N. — Found. Phys., 1976, vol.6, p.293.
8. Idem — Sov. J. Part. Nucl., 1991, vol.22, p.552.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 августа 1994 года.