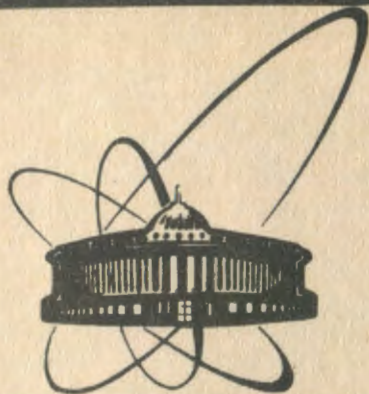


90-426



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

P2-90-426

В. Н. Стрельцов

О ДВУХ ТРАКТОВКАХ
ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

1990

1. В последнее время вышли две статьи, в которых высказываются критические замечания по поводу обычной трактовки теории относительности.

Так, в статье Блэттера и Гребера ^{/1/} отмечается, что общепринятый подход фактически неосуществим. Как известно, в этом подходе наблюдатель эйнштейновского типа собирает данные о событиях в пространстве и времени с помощью целого ряда синхронизированных часов, равномерно распределенных в пространстве, что трудно реализовать на практике. С другой стороны, второй тип релятивистского "наблюдателя" ближе нашему повседневному опыту. Такой наблюдатель находится в определенном месте пространства и собирает информацию с помощью прибывающих световых сигналов.

В статье Хиллиона ^{/2/} подчеркивается неэквивалентность обычной (синхронной) и несинхронной интерпретаций теории относительности. Отмечается, что в рамках традиционного подхода приходится вводить фиктивные величины, такие как поток энергии фон Лауэ для объяснения преобразования момента сил, действующих на находящиеся в равновесии тела, и натяжения Пуанкаре для объяснения коэффициента $4/3$ у электромагнитной массы электрона.

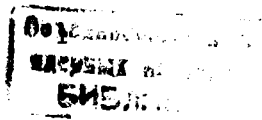
Эти статьи по существу возвращают нас "на новом уровне" к той дискуссии, которая проходила в 60-х годах. Результатом дискуссии можно считать введение так называемой асинхронной формулировки ^{/3/} *. Правда, до настоящего времени этот подход не получил широкого признания.

Здесь, однако, необходимо сделать отступление.

Упомянутой дискуссии значительно предшествовала, но осталась совершенно незамеченной статья Квала ^{/4/}, которая касалась проблемы определения энергии и импульса электромагнитного поля движущегося электрона. По-видимому, именно в этой работе впервые для преобразования элемента пространственного объема вместо привычного лоренцева сжатия

$$dV = dV * (1 - \beta^2)^{1/2} \quad (1)$$

*В ее рамках, например, длина движущегося стержня задается расстоянием между неодновременными (асинхронными) положениями его концов, что и отражает название формулировки.



была предложена другая формула:

$$dV_0 = dV_0^* (1 - \beta^2)^{-1/2} = dV_0^* \gamma. \quad (2)$$

Здесь dV_0^* и dV_0 – временные компоненты 4-вектора элемента объема dV_i ($i = 0, 1, 2, 3$) в системе покоя S^* объекта и движении (S), $dV_0 \equiv dV$; $\beta = v_x$ – скорость движения S^* -системы относительно S . Как видно, согласно (2) пространственный объем движущегося объекта должен возрастать в γ раз, где γ – лоренц-фактор. Кроме того, для других компонент dV_i будем иметь

$$dV_1 = -\beta dV_0^* \gamma, \quad dV_2 = dV_3 = 0. \quad (3)$$

Впрочем, точности ради следует отметить, что еще раньше и, как кажется, впервые на существование противоречия между теорией электромагнитной массы Абрагама – Лоренца и теорией относительности обратил внимание Ферми^{/5/}. Данное им решение базировалось на ковариантной формулировке принципа Гамильтона. Это обеспечивалось вариацией, связанной с нормальным сечением мировой трубки поля заряда, тогда как в рамках обычного подхода вариация обусловлена требованием $t = \text{const.}$. Но именно последнее (эйнштейновское) условие и ведет к общепринятому определению понятия длины движущегося стержня. Хотя в подходе Ферми сама формула преобразования для пространственного объема не фигурировала, введение нормального (неодновременного) сечения мировой трубки, по существу, представляло неявное введение указанной асинхронной формулировки.

Коснемся теперь вопроса, почему все же до сих пор асинхронная формулировка не получила заметного признания. Хотя, как отмечал еще Ферми, обычный подход (опирающийся на условие $t = \text{const.}$) явно противоречит принципу относительности. Это, по нашему мнению, главным образом связано с тем, что в отличие от общепринятого (эйнштейновского) подхода асинхронная интерпретация не основывалась на конкретной измерительной процедуре. Больше того, сама по себе она, в принципе, не может дать такой процедуры без ссылки на другую (собственную) систему отсчета, что с точки зрения принципа относительности совершенно недопустимо. Может быть, здесь мы имеем характерный пример того, что в физической теории введение новой математической формулы, позволяющей разрешить определенные трудности этой теории, еще недостаточно для ее признания. Необходимо, чтобы фигурирующие в формуле величины опирались на физические измерения, то есть в данном случае на такую релятивистскую процедуру, которая бы не зависела от системы отсчета.

Именно подобные измерительные операции рассматриваются, например, в цитированной работе^{/2/}.

2. Указанному требованию безусловно удовлетворяет введенная ранее базирующаяся на локационном методе измерения расстояний концепция релятивистской длины^{/6/}. Напомним, что релятивистской длиной (длиной быстро движущегося стержня) называется полусумма расстояний, пройденных световым сигналом в прямом и обратном направлениях вдоль стержня. Пусть для простоты стержень ориентирован и движется в направлении оси x (слева направо). Сигнал посылается в момент пролета левого конца. Свет достигает правого конца, отражается там и возвращается назад, к левому концу. 4-вектор, описывающий процесс распространения света, когда он движется в одном направлении с источником ("догоняет" правый конец стержня), имеет вид

$$\ell_s^i [(1 + \beta) \ell^* \gamma, (1 + \beta) \ell^* \gamma, 0, 0]. \quad (4)$$

Здесь ℓ^* – длина данного стержня в покое. Когда световой сигнал (после отражения) движется в направлении, противоположном направлению движения источника (навстречу левому концу), для соответствующего 4-вектора будем иметь

$$\ell_0^i [(1 - \beta) \ell^* \gamma, -(1 - \beta) \ell^* \gamma, 0, 0]. \quad (5)$$

В результате для 4-вектора релятивистской длины $\ell_r^i = (\ell_s^i - \ell_0^i)/2$ найдем

$$\ell_r^i (\beta \ell^* \gamma, \ell^* \gamma, 0, 0). \quad (6)$$

При этом в системе покоя стержня, очевидно,

$$\ell_r^i * (0, \ell^*, 0, 0). \quad (7)$$

На основании (6) и (7) для релятивистской длины получим

$$\ell_r = \ell^* \gamma \quad (\text{"формула удлинения"}). \quad (8)$$

Подчеркнем, что изначально величины ℓ_s^i и ℓ_0^i определяют расстояния между точками, которые берутся в разные моменты времени. Причем они в точности соответствуют двум самым характерным модификациям "запаздывающих расстояний"^{/7/}. Таким образом, можно сказать, что концепция релятивистской длины является органическим следствием электродинамики. Впрочем, иного и не могло быть, поскольку эта концепция опирается на локационный метод измерения расстояний.

На основании (7) очевидно, что величину ℓ_r можно также получить, если для ее измерения воспользоваться источниками, расположенными, скажем, на концах стержня, которые синхронно

(в системе покоя стержня) вспыхивают. Но это как раз то условие, на которое опирается асинхронная формулировка. Поэтому ее можно рассматривать как модификацию основной измерительной процедуры концепции релятивистской длины. Только в этом случае асинхронная интерпретация приобретает необходимый физический смысл.

Покажем теперь, что 4-вектор ℓ_r^i представляет собой нормальное сечение мировой полосы стержня, то есть что упомянутое условие Ферми действительно выполнено. Для этого выпишем 4-вектор ℓ_w^i одной из мировых линий

$$\ell_w^i(t^*\gamma, \beta t^*\gamma, 0, 0) = \ell_w^i(t, \beta t, 0, 0). \quad (9)$$

совокупность которых образует мировую полосу стержня. Нетрудно видеть, что векторы ℓ_r^i и ℓ_w^i в самом деле ортогональны:

$$\ell_r^i \ell_w^i = 0. \quad (10)$$

3. Поскольку выше речь в основном шла о преобразованиях длины и пространственного объема, то может возникнуть вопрос: какое отношение это имеет собственно к трактовке теории относительности. Указанные величины, однако, являются составными элементами пространственно-временной картины описания физической реальности, служащей основой теории относительности, да и вообще релятивистских теорий. Возникновение же самой проблемы, как уже отмечалось, связано с трудностями электродинамики и, в частности, такими важными характеристиками, как энергия и импульс электромагнитного поля заряда, потенциалы Лиенара - Вихерта и т.д. Другим характерным примером может служить релятивизация статики как одной из важных областей механики. Может быть, особо следует выделить другую (оттоускую) трактовку релятивистской термодинамики, тесно связанную именно с асинхронной формулировкой^{/8,9/*}. Наконец, надо подчеркнуть, что широкой областью проявления релятивистской длины (и связанной с ней длины формирования) является физика элементарных частиц^{/11/}.

Представляется таким образом, что уже этот перечень некоторых разделов физики действительно позволяет говорить о другой трактовке теории относительности, служащей основой их релятивизации.

*О других применениях асинхронной интерпретации см., например, ^{/10/}.

Автор благодарит Г.Н.Афанасьева и В.М.Дубовика, обративших его внимание на статью Хиллиона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Blatter H., Greber T. - Am. J. Phys., 1988, v.56, p.333.
2. Hillion P. - Can. J. Phys., 1989, v.67, p.967.
3. Cavalleri G., Salgarelli G. - Nuovo Cim., 1969, v.62A, p.722.
4. Kwal B. - J.Phys. Radium., 1949, v.10, p.103.
5. Ферми Э. - Научные труды. М.: Наука, 1971, с.76.
6. Стрельцов В.Н. - Сообщение ОИЯИ P2-5555, Дубна, 1971.
7. Стрельцов В.Н. - Сообщение ОИЯИ P2-89-772, Дубна, 1989.
8. Rohrlich F. - Nuovo Cim., 1966, v.45B, p.76.
9. Strel'tsov V.N. - Found. Phys., 1977, v.7, p.325.
10. Стрельцов В.Н. - Сообщение ОИЯИ P2-87-817, Дубна, 1987.
11. Стрельцов В.Н. - Сообщение ОИЯИ P2-87-877, Дубна, 1987.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 июня 1990 года.