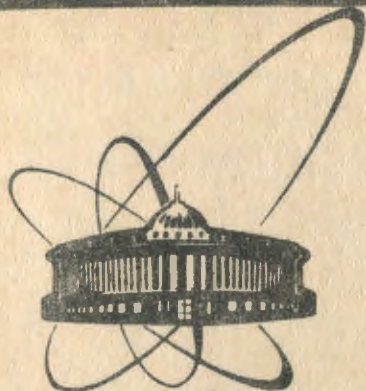


90-484



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

914/91

P2-90-484

В. Н. Стрельцов

О "ЛОКАЦИОННОЙ ФОРМУЛИРОВКЕ"
ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

1990

1. ВВЕДЕНИЕ

Ранее^{/1/} было показано, что введенная в свое время релятивистская длина^{/2/} выражается полусуммой двух наиболее характерных запаздывающих расстояний. Напомним, что в электромагнитных потенциалах Лиенара-Вихерта запаздывающее расстояние R_3 связывает заряд в "запаздывающем" положении (в момент времени t') и точку наблюдения (в момент времени t), причем $c(t-t') = R_3$, где c - скорость света. Здесь существенно то, что именно последнее равенство фактически лежит в основе локационного метода измерения расстояний. Поэтому синонимом запаздывающего расстояния может служить "световое (или локационное) расстояние".

Следует подчеркнуть, что ввиду конечности скорости света "световое расстояние" - это с необходимостью расстояние между двумя неодновременными точками (событиями). В то же время в общепринятом определении длины (расстояния между концами) движущегося стержня указанные точки берутся в один и тот же момент времени ("мгновенное или одновременное" расстояние).

Использование того или иного определения при установлении продольных размеров релятивистских объектов приводит к существенно различным результатам. В рамках общепринятого (эйнштейновского) определения мы имеем дело с лоренцевым сокращением. Тогда как концепция релятивистской длины, опирающаяся на локационный метод измерения расстояний, а следовательно, имеющая дело со "световыми расстояниями", приводит к увеличению продольных размеров релятивистских объектов.

Следует заметить, что, с точки зрения чистой математики, всегда можно полученные, скажем, в терминах "световых расстояний" результаты выразить через "мгновенные расстояния", что зачастую и делается в электродинамике (см., например, /3/). Однако, с точки зрения физики, общепринятый подход, опирающийся на "мгновенные расстояния", приводит к целому ряду трудностей. Так, в его рамках приходится вводить фиктивные величины, такие как поток энергии фон Лауэ - для объяснения преобразования момента сил, действующих на находящиеся в равновесии тела, натяжения Пуанкаре - для объяснения коэффициента $4/3$ у электромагнитной массы электрона и др. (см., например, /4.5/). С другой стороны, как оказывается, физика элемен-

тарных частиц, особенно в области высоких энергий, имеет дело фактически исключительно с релятивистской длиной (и связанной с ней длиной формирования) /6/.

Отметим, что изначально концепция релятивистской длины представляла только отличную от традиционной процедуру измерения размеров движущихся объектов. Однако в дальнейшем пришло понимание того, что этот подход заключает в себе нечто большее.

2. "ЛОКАЦИОННАЯ ФОРМУЛИРОВКА" ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Как уже отмечалось, релятивистская длина определяется суммой двух характерных "световых расстояний". Но пространственное расстояние является составным элементом пространственно-временной картины - этой основы основ теории относительности. Поэтому переход от "мгновенных расстояний" к "световым" по сути дела означает другую (отличную от эйнштейновской) интерпретацию (формулировку) теории относительности /7/. Основные применения "локационной интерпретации" суммированы в цитированных выше работах /4,6/.

До настоящего времени новый подход не получил еще широкого признания, хотя недавно появились новые статьи на эту тему /5,8/. По нашему мнению, главная причина здесь заключается в том, что на самом деле подсознательно пространственные расстояния мы не мыслим иначе, как расстояния между одновременными точками (событиями). Когда же, скажем, решение волнового уравнения оказывается зависящим от запаздывающего расстояния, т.е. расстояния между разновременными точками, то стараемся перейти к более привычному для нас "мгновенному расстоянию" (см., например, /3/), в то время как наблюдаемыми на опыте являются именно запаздывающие расстояния или образованные на их основе величины. Здесь может быть уместно напомнить о принципе наблюдаемости. Согласно этому принципу в науку нельзя вводить принципиально ненаблюдаемые величины. Известная эйнштейновская (макроскопическая) процедура засечки одновременного положения концов движущегося стержня с помощью множества расставленных в пространстве и предварительно синхронизованных часов, на первый взгляд, кажется вполне осуществимой. Однако на практике основная область применимости теории относительности - это явления микромира, к которым эйнштейновская "макроскопическая" процедура попросту неприменима. С другой стороны, при внимательном анализе тех или иных релятивистских эффектов обнаружи-

ваются черты "локационной процедуры"*. Даже в самой эйнштейновской измерительной процедуре для синхронизации часов опять-таки используется локационный метод.

Ниже мы приведем дополнительные соображения в пользу "локационной интерпретации" на хорошо известном и имеющем широкое применение примере черенковского излучения. Ранее мы уже рассматривали родственное явление - излучение релятивистского заряда /9/ и установили следующее. В соответствии с поведением поля движущегося заряда, которое в терминах запаздывающих расстояний вытянуто вперед /10/, диаграмма углового распределения излучения с ростом скорости также все более вытягивается вперед, в направлении движения заряда ("эффект прожектора"). Этот результат становится особенно понятным, если учесть, что излучение можно трактовать как превращение виртуальных фотонов поля в реальные.

3. ЧЕРЕНКОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, АБЕРРАЦИЯ И "СВЕТОВЫЕ РАССТОЯНИЯ"

Как известно, черенковское излучение возникает, когда скорость частицы, движущейся с постоянной скоростью в материальной среде, превышает фазовую скорость распространения электромагнитных волн в этой среде. Угловое и частотное распределение излучаемой энергии определяется соотношением (см., например, /11/):

$$\frac{dI(\omega)}{d\Omega} = \frac{e^2 \epsilon^{1/2} \beta^2 \sin^2 \theta}{c} |\delta(1 - \epsilon^{1/2} \beta \cos \theta)|^2. \quad (1)$$

Здесь e - заряд частицы, ϵ - диэлектрическая проницаемость, $\beta = v/c$, θ - угол между направлениями единичной "запаздывающей" нормали $\vec{e}_R = \vec{R}_3/R_3$ и скорости частицы \vec{v} . Наличие δ -функции показывает, что энергия излучается в направлении, характеризуемом черенковским углом θ_c :

$$\cos \theta_c = \frac{1}{\beta \epsilon^{1/2}}. \quad (2)$$

* Примечательно, что современные квантовые теории фундаментальных взаимодействий основываются на обмене квантами поля, т.е. эти взаимодействия - типа посылки приема квантов, или, иначе говоря, они /особенно электромагнитное/ - локационного типа.

Поскольку этот угол задается запаздывающим ("световым") расстоянием, то его можно назвать "запаздывающим" или "световым углом". Счетчики, использующие черенковское излучение, нашли широкое применение в физике частиц высоких энергий. С их помощью на основе измерения черенковского угла θ_c определяется скорость быстрых частиц. То, что на опыте измеряются "световые углы", и означает, что природа имеет дело именно со "световыми", а не с "мгновенными расстояниями".

С другой стороны, переход к "мгновенному расстоянию" ведет к изменению угла излучения, который выражается через "световой" с помощью формулы

$$\operatorname{tg} \theta_M = \frac{\sin \theta}{\cos \theta - \beta}. \quad (3)$$

Следует заметить, что последнее выражение в случае $\beta \ll 1$, очевидно, представляет элементарную формулу для аберрации света. Но аберрация света звезды - давно известное явление, которое впервые наблюдалось Брадлеем еще в 1727 г.^{/12/}. Таким образом, как мы видим, понятие "световое расстояние" по существу возникло задолго до зарождения теории относительности и запаздывающего расстояния Лиенара-Вихерта.

Напомним, что для двух характерных "световых расстояний", когда направление распространения светового сигнала совпадает с направлением движения источника и противоположно ему, формулы преобразования имеют соответственно вид

$$R_s = R^*(1 + \beta) \gamma, \quad (4)$$

$$R_0 = R^*(1 - \beta) \gamma. \quad (5)$$

Здесь R^* - расстояние между заданными точками в системе покоя источника. Очевидно, что по мере возрастания скорости вторая величина $R_0 \rightarrow 0$ и релятивистская длина $R_T = (R_s + R_0) / 2$ по существу будет определяться половиной R_s . Действительно, на основании (4) и с учетом $\beta \approx 1$ приходим к "формуле удлинения":

$$R_T \approx R_s / 2 \approx R^* \gamma. \quad (6)$$

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Появление другой формулировки теории относительности восходит еще к 60-м годам. Тогда она получила название асинхронной^{/13/} (в отличие от традиционной эйнштейновской - синхрон-

ной). Однако до сих пор новый подход не получил заметного признания. Исключение составляет тесно связанная с асинхронной формулировкой оттовская трактовка релятивистской термодинамики (см., например,^{/14/}). Хотя, как отмечал еще Ферми^{/15/}, обычный подход (опирающийся на условие $t = \text{const}$) явно противоречит принципу относительности. Такое положение, 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 единым образом разрешить 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 подобную процедуру и дает локационный метод измерения пространственных расстояний. Поэтому, с точки зрения физики, правильнее говорить о "локационной формулировке" теории относительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стрельцов В.Н. - Сообщение ОИЯИ P2-89-772, Дубна, 1989.
2. Стрельцов В.Н. - Сообщение ОИЯИ P2-5555, Дубна, 1971.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. - Теория поля. М.: ГИФМЛ, 1960, с.200.
4. Стрельцов В.Н. - Сообщение ОИЯИ P2-87-817, Дубна, 1987.
5. Hillion P. - Can.J.Phys., 1989, v.67, p.967.
6. Стрельцов В.Н. - Сообщение ОИЯИ P2-87-877, Дубна, 1987.
7. Стрельцов В.Н. - Сообщение ОИЯИ P2-90-426, Дубна, 1990.
8. Blatter H., Graber T. - Am.J.Phys., 1988, v.56, p.333.
9. Стрельцов В.Н. - Сообщение ОИЯИ P2-89-695, Дубна, 1989.
10. Стрельцов В.Н. - Сообщение ОИЯИ P2-89-689, Дубна, 1989.
11. Джексон Дж. - Классическая электродинамика. М.: Мир, 1965, с.547.
12. Bradley J. - Philos.Trans.Roy.Soc.London A, 1728, v.35, p.637.
13. Cavalleri G., Salgevelli G. - Nuovo Cim., 1969, v.62A, p.722.

14. Мёллер К. - Теория относительности. М.: Атомиздат, 1975, с.167.
15. Fermi E. - Z.Phys., 1922, v.23, p.340.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 октября 1990 года.