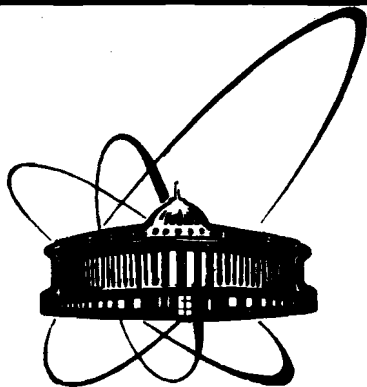


89 - 689



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

С 844

P2-89-689

В. Н. Стрельцов

ПОЛЕ РЕЛЯТИВИСТСКОГО ЗАРЯДА

1989

Как было установлено на основании формул для запаздывающих потенциалов, поле впереди движущегося заряда с ростом его энергии действует на все большие расстояния^{1/1}. Можно сказать, что имеет место своего рода "релятивистское дальноедействие", или, иными словами, увеличение "радиуса действия" поля. Ниже мы более детально рассмотрим, как ведет себя поле, а точнее — линии равной напряженности релятивистского заряда с изменением скорости. При этом мы коснемся вопроса о возможном образовании связанной системы двух релятивистских зарядов (например, позитрония) за счет указанного эффекта дальногодействия, т.е. при больших расстояниях между зарядами.

1. Для решения первой задачи воспользуемся известной формулой для напряженности электрического поля*, создаваемого движущимся с постоянной скоростью точечным зарядом (см., например,^{1/2/1}):

$$\vec{E} = \frac{e\gamma^{-2}}{(R - \vec{R} \cdot \vec{\beta})^3} (\vec{R} - \beta \vec{R}). \quad (1)$$

Здесь e — заряд частицы, $\vec{v} = \beta c$ — ее скорость; \vec{R} — вектор ("запаздывающего") расстояния, $\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}$. Ниже для простоты будем полагать $\vec{\beta} (\beta, 0, 0)$ и ограничимся рассмотрением плоскости XY. При этом (1) в компонентах перепишем в виде

$$E_x = \frac{e\gamma^{-2}}{R^2 (1 - \beta \cos \theta)^3} (\cos \theta - \beta), \quad E_y = \frac{e\gamma^{-2}}{R^2 (1 - \beta \cos \theta)^3} \sin \theta. \quad (1'a, б)$$

Для установления собственно линий равной напряженности нам понадобится вытекающая из (1) формула для $E = |\vec{E}|$. Как легко проследить, она будет иметь вид

$$E = \frac{e\gamma^{-2}}{R^2 (1 - \beta \cos \theta)^3} (1 + \beta^2 - 2\beta \cos \theta)^{-1/2}. \quad (2)$$

* Вытекающей, в свою очередь, из формулы для запаздывающих потенциалов.

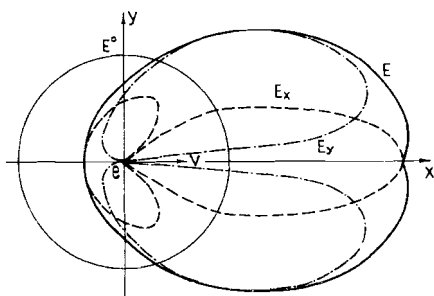


Рис. 1. Линии равной напряженности поля и ее компонент движущегося заряда, $v = 0,75$ с. Окружность соответствует покоящемуся заряду.

Результаты расчетов эквинапряженностных кривых представлены на рис. 1 и 2. В первом случае $v = 0,75$ с, $\gamma = 1,5$; кривые E , E_x и E_y получены на основании формул (2) и (1'a,б) соответственно. Кривая E переходит в окружность E^0 при $v \rightarrow 0$. Как видно, при $\theta = \arccos \beta$ x -компонента напряженности обращается в нуль, затем она меняет знак (становится отрицательной). При этом следует отметить, что "радиус действия" поля движущегося заряда возрастает. Для средней величины имеем $\bar{R}(\theta) = 1,1$, $R_{\parallel}^{max} = 2,7$, $R_{\perp}^m = 1,2$ (радиус окружности E^0 принят за единицу). Как видно из рис. 2, при увеличении скорости движения заряда ($\gamma = 5$) дальное действие поля все возрастает, $\bar{R} = 1,8$, $R_{\parallel}^m = 14,8$, $R_{\perp}^m = 2,8$. Оно все более вытягивается вперед. Здесь мы хотим обратить внимание на то, что кривые E (особенно вторая) удивительным образом напоминают видимую форму релятивистской сферы¹³ в определенном ее положении (при замене $v \rightarrow -v$). По нашему мнению, в этом заключается глубокий физический смысл. Дело в том, что процесс видения по сути дела также имеет электромагнитную природу. Но, что особенно существенно, в обоих рассматриваемых случаях проявляется релятивистское запаздывание ("запаздывающее расстояние"). Интересно отметить, что похожий эффект проявляется и при расчете углового распределения поля излучения, учитывающего второй (отброшенный в формуле (1)) член, зависящий от ускорения (см., например,¹⁴). При этом эксперименты по исследованию поведения излучения можно фактически рассматривать как свидетельства в пользу того, что расстояние (длина) в движущейся системе определяется именно неодновременными положениями точек (заряда и точки наблюдения). Но как раз в этом и заключается суть основанной на локационном методе измерения расстояний концепции релятивистской длины (см., например,¹⁵). Поэтому отмеченные опыты по исследованию излучения служат фактически экспериментальным подтверждением данной концепции.

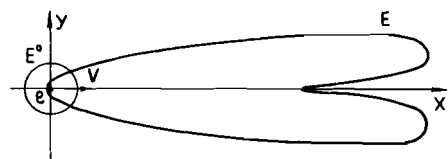


Рис. 2. Линии равной напряженности поля заряда в покое (окружность) и движении, $v = 0,98$ с.

2. Как уже отмечалось^{11, 6'}, эффект "релятивистского дальнего действия" поля приводит к целому ряду следствий. Одним из них следует считать рост длины формирования с ростом энергии частиц.

Возьмем теперь в качестве рассматриваемого заряда электрон, а пробным зарядом, который испытывает действие поля, будет позитрон. Пусть сначала электрон движется с очень малой скоростью по направлению к позитрону. Известно, что, когда расстояние между ними будет составлять $\approx 10^{-8}$ см, электрон и позитрон могут образовать связанную систему — позитроний. На другом языке можно сказать, что позитроний образуется тогда, когда поле электрона в месте нахождения пробного заряда — позитрона достигает некоторой заданной величины. Рассмотрим затем релятивистский электрон. С учетом эффекта дальнего действия поля заданному значению поля, обычно соответствующему образованию составной системы, теперь отвечает значительно большее расстояние от электрона до позитрона*. Иными словами, максимальный продольный размер образующегося релятивистского позитрония будет значительно больше его размера в покое. С ростом энергии их отношение должно расти пропорционально лоренц-фактору γ . Таким образом, при энергии $\xi_{\pi} = 10^2$ ГэВ указанный размер составит ≈ 10 мкм, т.е., по существу, макроскопическую величину. По нашему мнению, именно указанное явление лежит в основе роста длины формирования релятивистских частиц, и в частности позитрония, при увеличении энергии. Представляется вполне естественным, что чем более протяжен объект, тем больше путь его формирования. С другой стороны, общепринятое мнение о лоренцевом сжатии релятивистских объектов вряд ли можно согласовать с ростом их длин формирования. Действительно, в случае позитрония максимальный продольный размер при той же энергии $\xi_{\pi} \approx 10^2$ ГэВ составит $\approx 10^{-13}$ см, что соответствует уже ядерным размерам. Но как тогда можно объяснить такие большие длины формирования релятивистского позитрония¹⁷?

ЛИТЕРАТУРА

1. Стрельцов В.Н. — Сообщения ОИЯИ P2-89-175, P2-89-234, Дубна, 1989.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. — Теория поля. М.: ГИФМЛ, 1960, с.200.
3. Suffern K.G. — Am. J. Phys., 1988, v.56, p.729.

*Подразумевается, что при этом относительная скорость частиц по-прежнему мала.

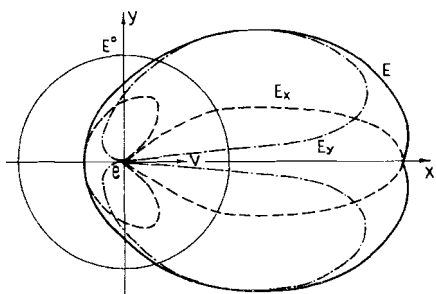


Рис. 1. Линии равной напряженности поля и ее компонент движущегося заряда, $v = 0,75$ с. Окружность соответствует покоящемуся заряду.

Результаты расчетов эквинапряженностных кривых представлены на рис. 1 и 2. В первом случае $v = 0,75$ с, $\gamma = 1,5$; кривые E , E_x и E_y получены на основании формул (2) и (1'a,б) соответственно. Кривая E переходит в окружность E^0 при $v \rightarrow 0$. Как видно, при $\theta = \arccos \beta$ x -компонента напряженности обращается в нуль, затем она меняет знак (становится отрицательной). При этом следует отметить, что "радиус действия" поля движущегося заряда возрастает. Для средней величины имеем $\bar{R}(\theta) = 1,1$, $R_{\parallel}^{\max} = 2,7$, $R_{\perp}^m = 1,2$ (радиус окружности E^0 принят за единицу). Как видно из рис. 2, при увеличении скорости движения заряда ($\gamma = 5$) дальное действие поля все возрастает, $\bar{R} = 1,8$, $R_{\parallel}^m = 14,8$, $R_{\perp}^m = 2,8$. Оно все более вытягивается вперед. Здесь мы хотим обратить внимание на то, что кривые E (особенно вторая) удивительным образом напоминают видимую форму релятивистской сферы¹³ в определенном ее положении (при замене $v \rightarrow -v$). По нашему мнению, в этом заключается глубокий физический смысл. Дело в том, что процесс видения по сути дела также имеет электромагнитную природу. Но, что особенно существенно, в обоих рассматриваемых случаях проявляется релятивистское запаздывание ("запаздывающее расстояние"). Интересно отметить, что похожий эффект проявляется и при расчете углового распределения поля излучения, учитывающего второй (отброшенный в формуле (1)) член, зависящий от ускорения (см., например,¹⁴). При этом эксперименты по исследованию поведения излучения можно фактически рассматривать как свидетельства в пользу того, что расстояние (длина) в движущейся системе определяется именно неодновременными положениями точек (заряда и точки наблюдения). Но как раз в этом и заключается суть основанной на локационном методе измерения расстояний концепции релятивистской длины (см., например,¹⁵). Поэтому отмеченные опыты по исследованию излучения служат фактически экспериментальным подтверждением данной концепции.

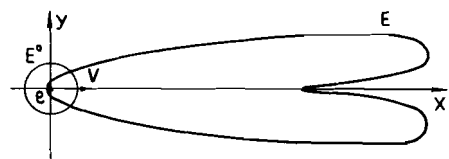


Рис. 2. Линии равной напряженности поля заряда в покое (окружность) и движении, $v = 0,98$ с.

2. Как уже отмечалось^{11, 6}, эффект "релятивистского дальнего действия" поля приводит к целому ряду следствий. Одним из них следует считать рост длины формирования с ростом энергии частиц.

Возьмем теперь в качестве рассматриваемого заряда электрон, а пробным зарядом, который испытывает действие поля, будет позитрон. Пусть сначала электрон движется с очень малой скоростью по направлению к позитрону. Известно, что, когда расстояние между ними будет составлять $\approx 10^{-8}$ см, электрон и позитрон могут образовать связанную систему — позитроний. На другом языке можно сказать, что позитроний образуется тогда, когда поле электрона в месте нахождения пробного заряда — позитрона достигает некоторой заданной величины. Рассмотрим затем релятивистский электрон. С учетом эффекта дальнего действия поля заданному значению поля, обычно соответствующему образованию составной системы, теперь отвечает значительно большее расстояние от электрона до позитрона*. Иными словами, максимальный продольный размер образующегося релятивистского позитрония будет значительно больше его размера в покое. С ростом энергии их отношение должно расти пропорционально лоренц-фактору γ . Таким образом, при энергии $\xi_{\Pi} = 10^2$ ГэВ указанный размер составит ≈ 10 мкм, т.е., по существу, макроскопическую величину. По нашему мнению, именно указанное явление лежит в основе роста длины формирования релятивистских частиц, и в частности позитрония, при увеличении энергии. Представляется вполне естественным, что чем более протяжен объект, тем больше путь его формирования. С другой стороны, общепринятое мнение о лоренцевом сжатии релятивистских объектов вряд ли можно согласовать с ростом их длин формирования. Действительно, в случае позитрония максимальный продольный размер при той же энергии $\xi_{\Pi} \approx 10^2$ ГэВ составит $\approx 10^{-13}$ см, что соответствует уже ядерным размерам. Но как тогда можно объяснить такие большие длины формирования релятивистского позитрония¹⁷?

ЛИТЕРАТУРА

1. Стрельцов В.Н. — Сообщения ОИЯИ P2-89-175, P2-89-234, Дубна, 1989.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. — Теория поля. М.: ГИФМЛ, 1960, с.200.
3. Suffern K.G. — Am. J. Phys., 1988, v.56, p.729.

*Подразумевается, что при этом относительная скорость частиц по-прежнему мала.

4. Джексон Дж. — Классическая электродинамика. М.: Мир, 1965, с.518.
5. Стрельцов В.Н. — Сообщение ОИЯИ, P2-87-817, Дубна, 1987.
6. Стрельцов В.Н. — Сообщение ОИЯИ P2-89-366, Дубна, 1989.
7. Неменов Л.Л. — Препринт ОИЯИ P1-89-14, Дубна, 1989.

Стрельцов В.Н.

P2-89-689

Поле релятивистского заряда

Представлены угловые распределения электрического поля релятивистского заряда. Из них следует, что с ростом скорости поле все более вытягивается вперед и действует на все большие расстояния. Отмечается, что опыты по исследованию излучения заряда служат фактически экспериментальным подтверждением концепции релятивистской длины. Высказывается мнение, что рост длины формирования позитрония обусловлен, в частности, релятивистским увеличением его продольного размера.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1989

Перевод автора

Strel'tsov V.N.

P2-89-689

Relativistic Charge Field

Electric field angular distributions of the relativistic charge are presented. It follows from this that the field stretches forward and affects over greater distances with increase of its velocity. It is noted that experiments on investigation of charge radiation confirm experimentally the concepts of the relativistic length. An opinion is expressed that the growth of the positronium formation length is conditioned, in particular, by relativistic increase of its longitudinal size.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1989

Рукопись поступила в издательский отдел
29 сентября 1989 года.