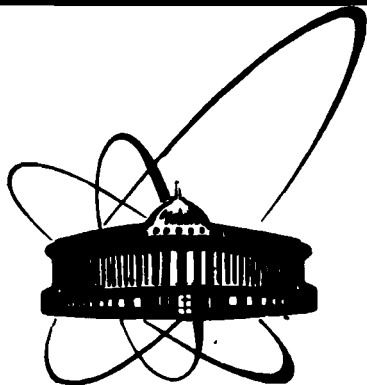


89-862



**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

C 844

P2-89-862

В. Н. Стрельцов

ДЕЙСТВИЕ ПОЛЯ РЕЛЯТИВИСТСКОГО ЗАРЯДА

1989

1. Ранее на основании формулы для запаздывающей напряженности мы рассмотрели, как ведет себя электрическое поле релятивистского заряда^{/1/}. Точнее, мы установили, как изменяются линии равной напряженности поля заряда с ростом его скорости. В частности, оказалось, что поле впереди движущегося заряда с увеличением его энергии действует на все большие расстояния. Иными словами, имеет место своего рода "релятивистское дальное действие" или увеличение "радиуса действия" поля.

Ниже мы рассмотрим родственную задачу. Нас будет интересовать, как изменяется электрическое поле, создаваемое релятивистским зарядом в некоторой заданной точке наблюдения*. Для чего мы снова воспользуемся известной формулой для /запаздывающей/ напряженности электрического поля, движущегося с постоянной скоростью точечного заряда /см., например, ^{/2/}/. На ее основании для компонент E_x и E_y будем иметь

$$E_x = - \frac{e(R_x + \beta R) \gamma^{-2}}{(R + \beta R_x)^3}, \quad /1a/$$

$$E_y = - \frac{eR_y \gamma^{-2}}{(R + \beta R_x)^3}. \quad /1б/$$

Здесь e - заряд частицы, βc - скорость ее движения /в направлении оси x /, R - "запаздывающее расстояние", R_x и R_y - его проекции, $\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}$. Отметим, что R - это расстояние между точкой наблюдения с координатами $(t, 0, 0)$ и зарядом (t', R_x, R_y) , при этом $R = c(t - t')$. Важно подчеркнуть, что фактически именно разновидность "запаздывающего расстояния", когда поле распространяется в направлении движения источника, определяет главную особенность поведения поля релятивистского заряда - его дальнее действие^{/3/}. По существу, таким образом, нас будет интересовать, как изменяется со временем t в заданной пространственной точке электрическое поле, создаваемое движущимся зарядом, где $t = R_x / \beta c$, R_x - текущая координата заряда, в дальнейшем полагаем $c = 1$.

* Или в месте нахождения пробного заряда.

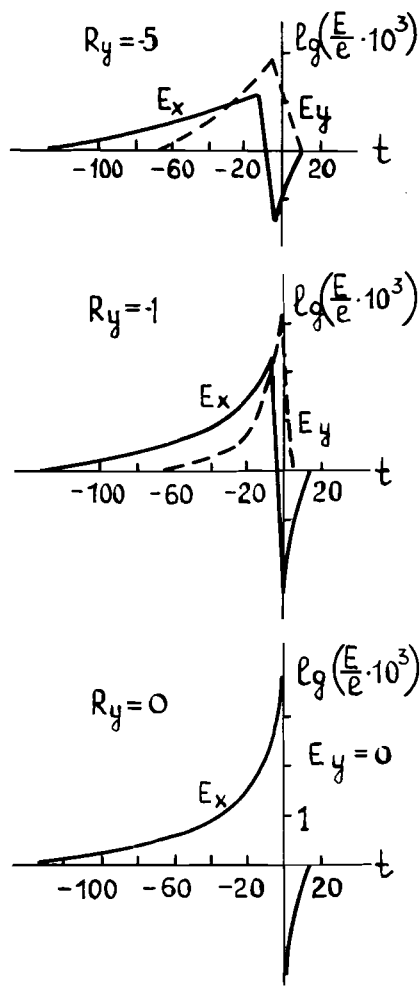


Рис.1. Временная картина изменения электрического поля релятивистского заряда в заданной точке, $\beta = 0,75$.

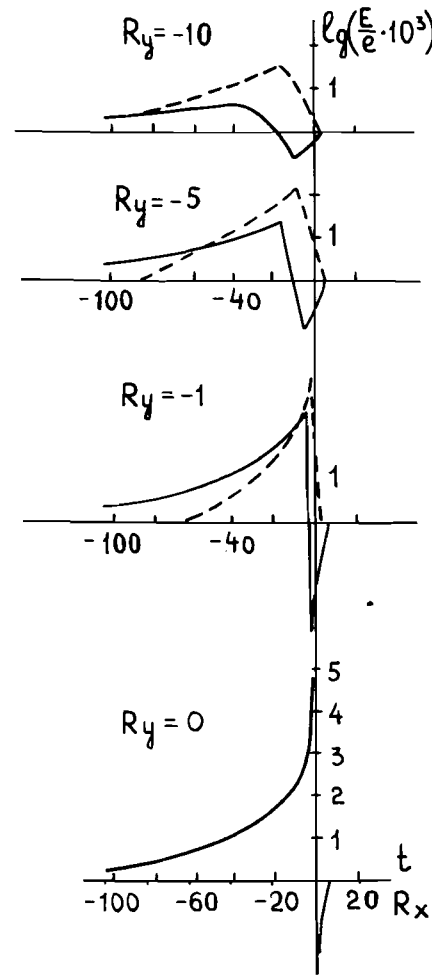


Рис.2. То же, что на рис.1, — — E_x , - - - E_y , $\beta = 0,90$.

2. Результаты расчетов для трех значений скорости заряда представлены на рис.1,2 и 3. Оси ординат характеризуют значения компонент поля, точнее - величины $(E_x/|E_x|) \cdot \lg(|E_x| \cdot 10^3/e)$ и $\lg(E_y \cdot 10^3/e)$. Сплошные кривые соответствуют E_x , а пунктирные - E_y . По оси абсцисс отложены значения временной координаты /момента наблюдения/. Таким образом, представленные кривые

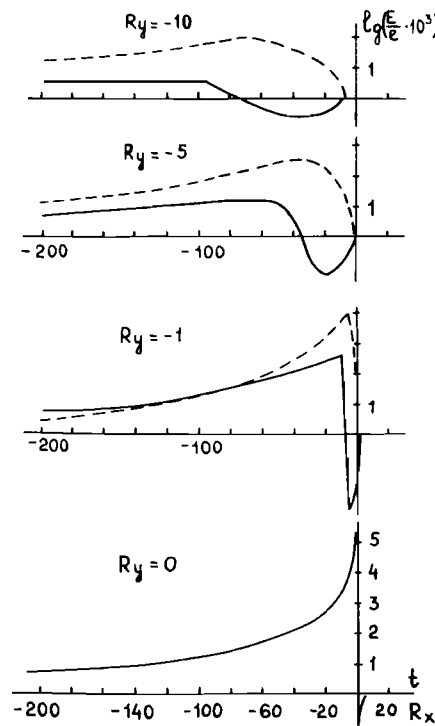


Рис.3. То же, что на рис.1 и 2, $\beta = 0,99$.

описывают временную зависимость поля в заданной пространственной точке $(0, 0)$. Отрицательные значения t соответствуют действию приближающегося заряда, а положительные - пролетевшего. Приведенные значения R_y фактически характеризуют "прицельный параметр".

Рис.1 описывает случай, когда скорость заряда $\beta = 0,75$ / $\gamma = 1,5$ /. Как видно, вблизи точки наблюдения /что соответствует $t \approx 0$ / E_x меняет знак. Время действия поля /время взаимодействия/, которое мы определим исходя из условия $(|E|/e) \geq 10^{-2}$, будет составлять $\tau \approx 40 \div 35$ /при изменении $|R_y|$ от 0 до 5/. Рис.2 представляет временную картину изменения электрического поля для $\beta = 0,90$ / $\gamma = 2,3$ /. Очевидно, что время взаимодействия возрастает, теперь $\tau \approx 50 \div 40$ /при $|R_y| = 0 \div 10$ /. Наконец, рис.3 описывает случай, когда скорость заряда $\beta = 0,99$ / $\gamma = 7$ /. Нетрудно видеть, что здесь мы имеем значительный рост времени взаимодействия, которое уже составляет $\tau \approx 140 \div 200$.

Таким образом, представленные графики наглядно свидетельствуют в пользу отмеченного ранее /3/ роста времени взаимодействия при высоких энергиях. Важно подчеркнуть, что при $R_y = 0$ увеличение τ будет, очевидно, определяться продольной компонентой (E_x) поля. С другой стороны, как ясно видно из рис.2 и 3, особенно при больших $|R_y|$, действие поперечной компоненты /максимальное значение амплитуды/ поля значительно опережает "сам" заряд. Так, при $\beta = 0,90$ ($|R_y| = 10$) это опережение (Δt) составляет ≈ 20 , а при $\beta = 0,99$ имеем уже $\Delta t \approx 70$.

Автор выражает благодарность А.Б.Кузнецову и С.Б.Рубину за полезные обсуждения, а В.А.Белякову и Г.В.Ефимовой за проведение численных расчетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стрельцов В.Н. - Сообщение ОИЯИ P2-89-689, Дубна, 1989.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. - Теория поля. М.: ГИФМЛ, 1960, с.200.
3. Стрельцов В.Н. - Сообщение ОИЯИ P2-89-175, Дубна, 1989.

Стрельцов В.Н.

P2-89-862

Действие поля релятивистского заряда

Приводятся основанные на формуле для запаздывающей напряженности результаты расчетов электрического поля, создаваемого релятивистским зарядом в заданной точке. Как следует из них, длительность воздействия поля растет с увеличением скорости заряда. При этом поле все более "опережает" источник.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1989

Перевод автора

Strel'tsov V.N.

P2-89-862

Action of Relativistic Charge Field

Based on the formula for the retarded intensity, results of calculations of the electric field created by a relativistic charge in the definite point are presented. Hence the duration of the field influence increases with the growth of a charge velocity. At the same time the field increasingly "outstrips" the source.

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
26 декабря 1989 года.