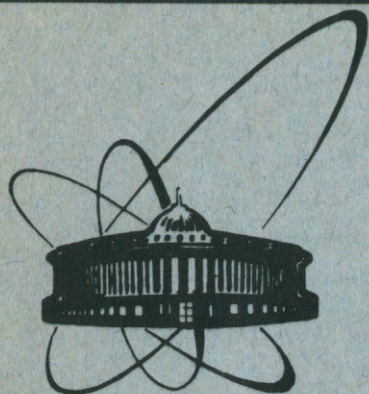


91-212



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

Д2-91-212

В. Н. Стрельцов

ПОЛЕ СОВОКУПНОСТИ ДВИЖУЩИХСЯ
И ПОКОЯЩИХСЯ ЗАРЯДОВ РАЗНЫХ ЗНАКОВ

1991

Стрельцов В.Н.
Поле совокупности движущихся
и покоящихся зарядов разных знаков

D2-91-212

Приводятся распределения потенциалов электрического поля для совокупности пар из движущегося отрицательного и покоящегося положительного зарядов, расстояние между которыми мало. В пределе при скорости движения $v \rightarrow 0$ эта совокупность, очевидно, электрически нейтральна.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1991

Перевод автора

Strel'tsov V.N.
The Field of Set of Moving
and Rested Charges of Different Signs

D2-91-212

The distributions of electric field potentials for the set of pairs from the moving negative and rested positive charges, the distance between which is small, are given. In the limit, this set for the motion velocity $v \rightarrow 0$ is obviously electrically neutral.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1991

В свое время на основе локационной формулировки теории относительности^{1/} было дано решение известного "парадокса", связанного с появлением заряда в движущемся (нейтральном) проводнике. Суть указанного "парадокса" заключается в том, что покоящийся электрически нейтральный проводник с током якобы заряжается в результате перехода к движущейся системе отсчета (см., например,^{2/}). Напомним, что возникновение отмеченной трудности фактически обусловлено использованием формулы лоренцева сжатия для пространственного объема.

Ниже мы коснемся другого типа задач, суть которых можно сформулировать так. Имеются две близко расположенные (параллельные) линии отрицательных (L^-) и положительных зарядов (L^+). Когда заряды покоятся, то ответить на вопрос о "суммарном заряде" такой системы не составляет и труда. Пусть, например, линии ориентированы вдоль оси x , и под каждым отрицательным зарядом находится положительный, то, очевидно, "суммарный заряд" равен нулю. Если же одна из линий (скажем, L^-) приведена в движение, то ответ на поставленный вопрос будет существенно зависеть от соотношения линейных плотностей зарядов. Задача с обеими движущимися линиями разбирается в берклиевом курсе физики^{3/}. Впрочем, ее скорее все же следует отнести к упомянутому первому типу задач.

1. На самом деле ниже мы дадим ответ на более простой вопрос. Как выглядит электрическое поле (точнее, его потенциал) совокупности одинаковых пар, образованных движущимся отрицательным и покоящимся положительным зарядами, находящимися в непосредственной близости друг от друга.

Начнем мы естественно с простейшего случая двух зарядов (см. рис. 1.1). Очевидно, что электрическое поле покоящегося (положительного) заряда будет определяться кулоновским потенциалом

$$\Phi_+ = -\frac{e}{R},$$

(1)

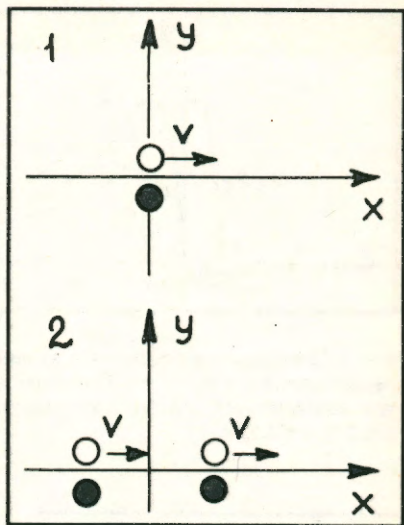
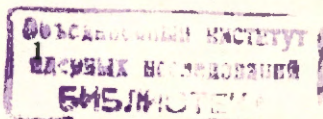


Рис. 1. Движущиеся отрицательные (светлые кружки) и покоящиеся положительные (черные кружки) заряды.



где e – заряд электрона. Поле же движущегося (со скоростью v) отрицательного заряда будет задаваться потенциалом Лиенара-Вихерта, который в полярных координатах имеет вид*

$$\varphi_- = \frac{e}{R(1 - \beta \cos \theta)}, \quad (2)$$

где $\beta = v/c$. Таким образом, для суммарного электрического поля найдем

$$\varphi = \varphi_+ + \varphi_- = \frac{e\beta \cos \theta}{R(1 - \beta \cos \theta)}. \quad (3)$$

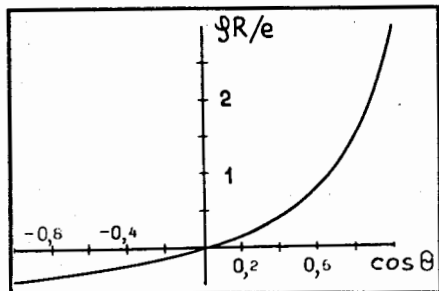


Рис. 2. Эквидистантный электрический потенциал пары зарядов (рис. 1.1.), $v = 0,75c$.

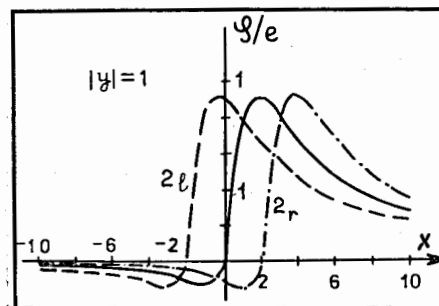


Рис. 3. Электрический потенциал на линии, параллельной оси x , $|\varphi| = 1$. Сплошная кривая соответствует рис.1.1., две другие – рис.1.2, $v = 0,75c$.

Как можно видеть, при $\beta = 0$ поле действительно равно нулю. Однако в релятивистском случае картина существенно изменяется. На рис.2 представлена зависимость эквидистантного потенциала от $\cos \theta$. Как видно, данная пара будет восприниматься пробным зарядом как нейтральная только под углом $\pi/2$. При этом в направлении “вперед” она будет представляться отрицательно заряженной, а “назад” – положительно. На рис.3 сплошной линией представлено распределение потенциала на линии, параллельной оси x , $|\varphi| = 1$.

2. На рис.1.2. представлена совокупность двух рассмотренных выше пар. Здесь необходимо отметить, что эти пары зарядов представляют разные “запаздывающие” положения или разные моменты времени, отвечающие условию “видения” (см., например, ^{15/}). Напомним, что последнее условие возникает при исследовании поведения видимой формы релятивистски движущихся объектов (см., например, ^{16/}). Соответствующие этим парам распределения потенциалов приведены на рис.3

пунктирной и штрихпунктирной кривыми. Как видно, они просто представляют исходную кривую, сдвинутую влево и вправо соответственно. Суммируя ординаты, получим результирующее распределение электрического потенциала. При этом система будет выглядеть электрически нейтральной только по отношению к точке $x = -1,9$. Очевидно, что аналогичным образом можно получить картину поведения электрического потенциала для произвольного числа пар и, вообще, любого другого распределения зарядов.

Конечно, совершенно подобным путем может быть построено и распределение напряженностей электромагнитного поля.

Автор благодарит Д.П.Аллена, мл., инициировавшего эту работу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стрельцов В.Н. – Сообщение ОИЯИ Р2-11115, Дубна, 1977.
2. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. – Фейнмановские лекции по физике. М.: Мир, 1966, вып. 5, с.270.
3. Парселл Э. – Электричество и магнетизм. М.: Наука, 1983, с.172.
4. Стрельцов В.Н. – Сообщение ОИЯИ Р2-89-695, Дубна, 1989.
5. Стрельцов В.Н. – Сообщение ОИЯИ Р2-87-817, Дубна, 1987.
6. Suffern K.G. – Am.J.Phys., 1988, v.56, p.729.

* Ранее^{14/} на основании (2) было показано, что эквипотенциальные поверхности (в терминах запаздывающих расстояний) имеют форму вытянутых в направлении движения эллипсоидов вращения.