СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА

Р2 - 7647

В.Н.Стрельцов

ПОТЕНЦИАЛЫ ЛИЕНАРА-ВИХЕРТА
И КОНЦЕПЦИЯ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ДЛИНЫ

1973

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

P2 - 7647

В.Н.Стрельцов

ПОТЕНЦИАЛЫ ЛИЕНАРА-ВИХЕРТА
И КОНЦЕПЦИЯ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ДЛИНЫ

Стрельцов В.Н.

Р2 - 7647

Потенциалы Лиенара-Вихерта и концепция релятивистской длины

Отмечается, что используемое в электродинамике, базирующейся на потенциалах Лиенара-Вихерта, понятие расстояния свидетельствует в пользу отличной от общепринятой концепции релятивистской длины (как пространственной части полуразности двух 4-векторов, описывающих распространение светового сигнала вдоль некоторого масштаба в прямом и обратном направлениях).

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна, 1973

Streltsov V.N.

P2 - 7647

The Liénard-Wiechert's Potentials and the Relativistic Length Conception

It is outlined that the concept of the distance (used in electrodynamics, based on the Liénard-Wiechert's potentials) gives evidence for the conception of the relativistic length (as a space part of halfdifference of two 4-vectors describing the light signal distribution along some scale in the forward and backward direction) different from the conventional conception.

Communications of the Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna, 1973

1. Рассмотрим выражение для 4-потенциала Лиенара-Вихерта

$$A_i = -\frac{e\,u_i}{R_k u_k} . \qquad /1/$$

Переходя к трехмерным обозначениям, получим для потенциалов поля, создаваемого произвольно движущимся точечным зарядом, следующие формулы:

$$\phi = \frac{e}{R - \vec\beta\vec R} , \qquad \vec A = \frac{e\,\vec\beta}{R - \vec\beta\vec R} , \qquad /2/$$

где $\vec R$ - радиус-вектор, проведенный из точки нахождения заряда /0/ в точку наблюдения /P/.

Пусть далее для простоты движение заряда происходит вдоль оси 0X/ K -система/, а нас интересуют значения потенциалов в определенной точке на указанной оси, т.е., например,

$$\phi = \frac{e}{X(1-\beta)}, \quad A_x = \frac{e\beta}{X(1-\beta)}, \quad A_y = A_z = 0 . \qquad /2а/$$

При этом в собственной системе отсчета /K^0/, где данный заряд покоится, будем иметь

$$\phi^0 = \frac{e}{X^0} , \qquad A^0_x = A^0_y = A^0_z = 0 . \qquad /2б/$$

Если теперь мы воспользуемся формулами преобразования для потенциалов, то найдем выражение

$$X = X^0\sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}} , \qquad /3/$$

описывающее закон преобразования расстояния между точками 0 и P при переходе от /собственной/ системы отсчета K^0 к K-системе.

Легко видеть, что полученное таким образом равенство /3/ отличается от привычной формулы лоренцева сокращения. В то же время следует подчеркнуть, что отмеченная величина X входит как составная часть в формулу для определения релятивистской длины, базирующегося на непосредственном использовании часов и световых сигналов /см., например, /1/ /.

2. Нетрудно показать, что вышеизложенный результат может быть получен также исходя из формулы преобразования для компонент тензора электромагнитного поля F_{ik}, которые в случае отсутствия ускорения на основании /1/ имеют вид

$$F_{ik} = \frac{e}{(R_j u_j)^3} (R_i u_k - R_k u_i) \quad (c = 1). \qquad /4/$$

Здесь следует специально отметить, что, как было показано Зоммерфельдом /2/, последние выражения, вопреки часто встречающимся утверждениям, не могут быть сведены к соответствующим выражениям для напряженностей электромагнитного поля, которые получаются в результате привлечения формулы лоренцева сокращения. Их отличие определяется величиной $(1-\beta^2)^{3/2}$.

3. Если далее в точке наблюдения поместить второй заряд $\bar{e}$, 4-скорость которого $\bar{u}_k$, то для 4-силы K_i, с которой первый заряд действует на второй, на основании /4/ будем иметь

$$K_i = \bar{e}\, F_{ik}\, \bar{u}_k = \frac{e\bar{e}}{(R_j^r u_j)^3} [R_i^r (u_k \bar{u}_k) - (R_k^r \bar{u}_k) u_i]. \qquad /5/$$

/Здесь мы специально подчеркнули, что данное выражение для силы зависит от "запаздывающего расстояния $R^{ret}(P)$/.

С другой стороны, "запаздывающее расстояние" $R^{ret}(0)$, от которого должна зависеть сила / $K_i(0)$/, описывающая действие второго заряда на первый, по отношению к исходному выражению для силы /5/, будет, очевидно, представлять собою "опережающее расстояние" $R^{adv}(P)$.

Поэтому, например, на основании принципа равенства действия и противодействия выражение для силы* как полуразность величин $K_i(P)$ и $K_i(0)$, должно, очевидно, зависеть как от R^{ret}, так и от R^{adv}. Отсюда можно заключить, что упомянутое "световое" определение релятивистской длины** находится в логическом соответствии с понятием расстояния, используемым в электродинамике.

4. Прямым подтверждением последнего факта можно рассматривать известную процедуру /см., например, /3/ / введения вектора L_i, перпендикулярного к прямолинейной в нашем случае мировой линии точечного заряда, начинающегося на этой мировой линии и кончающегося в мировой точке наблюдения. В покоящейся системе K^0 его компоненты равны $(\vec{L}^0, 0)$ или, в частном случае, п. 1 $(X^0, 0, 0, 0)$/ср. с вектором A_i /4/ /. Далее легко получаем

$$L_i = R_i + u_i (R_j u_j), \quad L_i L_i = |L_i|^2 = (R_j u_j)^2$$

$$L = -(R_j u_j).$$

Поэтому

$$F_{ik} = \frac{e}{|L|^3} (u_i L_k - u_k L_i). \qquad /4a/$$

а, кроме того,

$$A_i = -\frac{e u_i}{|L|}. \qquad /1a/$$

При этом формула преобразования введенной таким образом длины будет определяться выражением

$$L = \frac{L^0}{\sqrt{1-\beta^2 \sin^2\theta \cos^2\phi}}. \qquad /7/$$

---

* Заменяющее собою формулу /5/.

** Как пространственной части полуразности двух 4-векторов, описывающих, например, распространение светового сигнала вдоль некоторого масштаба в прямом и обратном направлениях.

Литература

1. *В.Н.Стрельцов. Сообщение ОИЯИ, Р2-5555, Дубна, 1971.*
2. *А.Зоммерфельд. Электродинамика, ИИЛ, М., 1958, стр. 470.*
3. *В.Паули. Теория относительности, ОГИЗ, ГИТТЛ, М.-Л., 1947, § 32.*
4. *В.Н.Стрельцов. Сообщение ОИЯИ, Р2-6710, Дубна, 1972.*

Рукопись поступила в издательский отдел 28 декабря 1973 года.