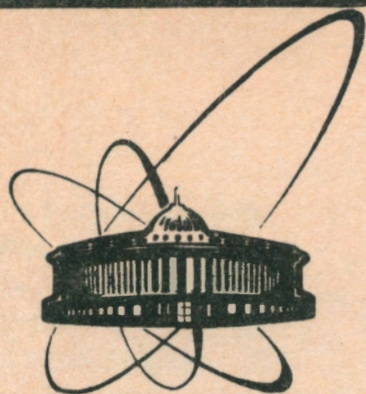


92-159



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Д2-92-159

В. Н. Стрельцов

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ
КОЛЬЦЕВОГО ПРОВОДНИКА С ТОКОМ

1992

В одном из недавних выпусков "Physics Letters A" опубликованы сразу пять статей, посвященных известной проблеме о заряде проводника с током (см., например, [1] и ссылки там). По существу, эта проблема сводится к вопросу о том, возникает ли электрическое поле около электрически нейтрального проводника после возбуждения в нем тока (без внешнего подвода электронов).

Ранее при выяснении поведения поля пары электрических зарядов разных знаков, один из которых движется [2,3], мы уже фактически дали утвердительный ответ на поставленный вопрос. Появление все новых работ на эту тему заставляет нас вернуться к данной проблеме.

Рассмотрим кольцевой электрически нейтральный проводник радиуса r . Пусть далее за счет приведения в движение электронов проводимости в проводнике возбуждается ток. Поскольку при этом число электронов не меняется и по-прежнему равно числу положительных ионов, то суммарный электрический заряд также не изменяется. Очевидно, что в макроскопическом проводнике мы имеем очень большое число электронов и ионов, и, так сказать, заданному иону в данный момент всегда можно найти "близкий" электрон. В самом деле, расстояние между соседними частицами определяется микроскопической величиной, тогда как расстояние R до точки наблюдения в данной задаче является сугубо макроскопической величиной. Поэтому с высокой точностью потенциал каждой пары зарядов разных знаков будет задаваться величиной [2]:

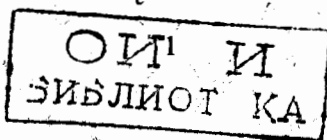
$$\varphi = \frac{e\vec{\beta}R}{R(R - \vec{\beta}R)}. \quad (1)$$

Здесь e — заряд электрона, $\vec{\beta}c$ — его скорость.

Вычислим теперь суммарный потенциал поля, создаваемого рассматриваемым проводником на расстоянии R_c от центра кольца в его плоскости, где эффект будет максимальным. Для величины R (расстояние от заданного элемента кольца до точки наблюдения) найдем

$$R = R_c \cos \alpha - r [1 - (R_c/r)^2 \sin^2 \alpha]^{1/2}. \quad (2)$$

Здесь α — угол, под которым "виден" указанный элемент; $\sin \alpha_{\max} = r/R_c$. При этом $\cos(\vec{R}, \vec{\beta}) = a \sin \alpha$, $a = R_c/r$. Для потенциала, создаваемого эле-



ментом кольца, когда электроны движутся в направлении наблюдения, на основании (1) имеем

$$\Delta\Phi_{-}^{\beta} = \frac{\Delta Q\beta a \sin\alpha}{R(1 - \beta a \sin\alpha)}. \quad (3)$$

Для симметричного элемента, когда электроны движутся в противоположном направлении,

$$\Delta\Phi_{+}^{\beta} = -\frac{\Delta Q\beta a \sin\alpha}{R(1 + \beta a \sin\alpha)}. \quad (4)$$

Таким образом, суммарное действие двух элементов составит

$$\Delta\Phi^{\beta} = \frac{2\Delta Q\beta^2 a^2 \sin^2\alpha}{R(1 - \beta^2 a^2 \sin^2\alpha)}. \quad (5)$$

С учетом того, что $\Delta Q = Q\Delta s/2\pi r$, где $Q = en$, n — число пар, а элемент длины $\Delta s = r\Delta\varphi(\alpha)$, для потенциала Φ^{β} будем иметь

$$\Phi^{\beta} = \frac{Q}{2\pi} \int \frac{2\beta^2 \alpha^2 \sin^2\alpha d\varphi}{R(1 - \beta^2 a^2 \sin^2\alpha)} \approx \frac{Q\beta^2}{4R_c}. \quad (6)$$

При вычислении интеграла мы также учли, что поскольку $\beta \ll 1$ и $r \ll R$, то с хорошей точностью $\sin\alpha \approx \alpha$, а в знаменателе $R \approx R_c$, и вторым членом в скобках можно пренебречь. Полученная величина (6) соответствует ближней части кольца. Для дальней части в формуле (2) меняется первый знак, но в рамках рассматриваемого приближения это не изменяет величину соответствующего потенциала. Поэтому суммарная величина будет просто равна удвоенному значению Φ^{β}

$$\Phi \approx \frac{Q\beta^2}{2R_c} = \frac{\pi I^2 a^{-1}}{\rho A c^2}, \quad (7)$$

где I — ток, ρ — плотность электронов, A — сечение проводника.

Таким образом, электрический потенциал, возникающий вокруг нейтрального проводника, пропорционален квадрату возбужденного в нем тока, что, как кажется, и наблюдается в опыте со сверхпроводящей катушкой [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Lemon D.K., Edwards W.F., Kenyon C.S. - Phys. Lett. A, 1992, 162, N 2, p.105.
2. Стрельцов В.Н. - Сообщение ОИЯИ Д2-91-212, Дубна, 1991.
3. Стрельцов В.Н. - Сообщение ОИЯИ Д2-91-499, Дубна, 1991.

Рукопись поступила в издательский отдел

10 апреля 1992 года.