

# ЗАКОН БИО-САВАРА ДЛЯ ЗАРЯДОВ, ДВИЖУЩИХСЯ С РЕЛЯТИВИСТСКИМИ СКОРОСТЯМИ

А.А. Коновал

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Магнитное поле, создаваемое элементом тока  $id\vec{l}$  [1,2]

$$d\vec{b} = \frac{i}{cr^3} [d\vec{l} \cdot \vec{r}] \quad (1)$$

можно рассматривать как результат суперпозиции магнитных полей  $B_i$ , порождаемых каждым из зарядов, находящихся в элементе тока  $id\vec{l} = Nq\vec{v}$

$$d\vec{B} = \sum_i^N d\vec{b}_i$$

тогда

$$\vec{b} = \frac{q[\vec{v} \cdot \vec{r}]}{c \cdot r^3} = \frac{1}{c} [\vec{v} \cdot \vec{E}], \quad \vec{E} = \frac{q\vec{r}}{r^3} \quad (2)$$

Здесь  $\vec{v}$  – дрейфовая скорость зарядов,  $c$  – скорость света.

Видно, что (2), определяющие магнитное и электрическое поля движущегося заряда  $q$ , справедливы при  $v \ll c$ .

При любой постоянной скорости движения заряда  $q$  поля  $\vec{E}$  и  $\vec{b}$  равны [3]

$$\vec{E} = \frac{q(1 - \beta^2)\vec{r}}{r^3(1 - \beta^2 \sin^2 \theta)^{3/2}}, \quad \vec{b} = \frac{1}{c} [\vec{v} \cdot \vec{E}] \quad (3)$$

где  $\beta = \frac{v}{c}$ ,  $\theta$  – угол между  $\vec{v}$  и радиус-вектором  $\vec{r}$ , проведенным из мгновенного положения заряда в данную точку поля.

Полагая, что магнитное поле движущихся в проводнике с током зарядов порождается по закону (3), получаем закон Био-Савара, справедливый при любой ( $v < c$ ) скорости движения зарядов:

$$d\vec{B} = \frac{i(1 - \beta^2)[d\vec{l} \cdot \vec{r}]}{cr^3(1 - \beta^2 \sin^2 \theta)^{3/2}} \quad (4)$$

Применение (4) для расчетов магнитных полей, сил взаимо-

действия токов [4] показывает, что закон Био-Савара в форме (4) описывает те же явления, что и закон (1). Однако в ряде случаев закон (1) не дает релятивистски инвариантного описания явлений, в то время как на основе (4) получаем корректное описание

Поскольку закон полного тока  $\oint_L \vec{B} \vec{M} = \frac{4\pi}{c}$  основан на (1),

т.к. более точной формой закона Био-Савара должно быть (4), то кажется, что и теорема о циркуляции вектора  $\vec{B}$  должна несколько уточниться. Этот вопрос обсуждается в [5].

Классическая электродинамика является релятивистски инвариантной теорией, поэтому представляется логичным и в методическом отношении более целесообразным основы ее излагать на последовательно релятивистской основе, используя закон Био-Савара в форме (4), а уже потом, в практически важных случаях при  $v \ll c$  использовать (1).

#### Литература:

1. И.Е. Тамм. Основы теории электричества. – М.: Наука, 1966.
2. Я.И. Френкель. Собрание научных трудов, Т.1. – М.: Изд-во АН СССР, 1956.
3. В.А. Угоров. Специальная теория относительности. – М.: Наука, 1977.
4. А.А. Коновал, В.П. Панов, Замечания к закону Био-Савара. Деп. в ВИНТИ, рег. № 4316-80.
5. А.А. Коновал. Закон полного тока для зарядов, движущихся с релятивистскими скоростями, деп. Ук89, № 1509.