

преобразования поля к координатной системе, покоящейся относительно этого заряда. (Новая формулировка.)

Аналогичные положения справедливы для «магнитомоторных сил». Мы видим, что в изложенной теории электромоторная сила играет роль вспомогательного понятия, которое своим введением обязано тому обстоятельству, что электрические и магнитные поля не существуют независимо от состояния движения координатной системы. Ясно, что асимметрия, упомянутая в введении при рассмотрении токов, возникающих вследствие относительного движения магнита и проводника, исчезает. Вопросы о том, где «сидят» электродинамические силы (униполярные машины), также теряют смысл.

## § 7. Теория аберрации и эффекта Допплера

Пусть в системе  $K$  очень далеко от начала координат находится некоторый источник электродинамических волн, которые в некоторой части пространства, включающей начало координат, могут быть с достаточной степенью точности представлены уравнениями

$$X = X_0 \sin \Phi, \quad L = L_0 \sin \Phi,$$

$$Y = Y_0 \sin \Phi, \quad M = M_0 \sin \Phi,$$

$$Z = Z_0 \sin \Phi, \quad N = N_0 \sin \Phi,$$

$$\Phi = \omega \left( t - \frac{ax + by + cz}{V} \right).$$

Здесь  $(X_0, Y_0, Z_0)$  и  $(L_0, M_0, N_0)$  представляют собой векторы, определяющие амплитуду цуга волн;  $a, b, c$  — направляющие косинусы нормали к фронту волны.

Выясним теперь, каковы свойства этих волн, когда они исследуются наблюдателем, находящимся в покое относительно движущейся системы  $k$ . Применив найденные в § 6 формулы преобразования напряженностей электрического и магнитного полей, а также полученные в § 3 формулы преобразования координат и времени, получаем:

$$X' = X_0 \sin \Phi', \quad L' = L_0 \sin \Phi',$$

$$Y' = \beta \left( Y_0 - \frac{v}{V} N_0 \right) \sin \Phi', \quad M' = \beta \left( M_0 + \frac{v}{V} Z_0 \right) \sin \Phi',$$

$$\begin{aligned} Z' &= \beta \left( Z_0 + \frac{v}{V} M_0 \right) \sin \Phi', \quad N' = \beta \left( N_0 - \frac{v}{V} Y_0 \right) \sin \Phi', \\ \Phi' &= \omega \left( \tau - \frac{a' \xi + b' \eta + c' \zeta}{V} \right), \end{aligned}$$

где

$$\omega' = \omega \beta \left( 1 - a \frac{v}{V} \right),$$

$$a' = \frac{a - \frac{v}{V}}{1 - a \frac{v}{V}}, \quad b' = \frac{b}{\beta \left( 1 - a \frac{v}{V} \right)}, \quad c' = \frac{c}{\beta \left( 1 - a \frac{v}{V} \right)}.$$

Возьмем наблюдателя, движущегося со скоростью  $v$  относительно бесконечно удаленного источника света, частота которого равна  $\nu$ . Из уравнения для  $\omega'$  вытекает, что если угол между линией, соединяющей источник света с наблюдателем, и скоростью наблюдателя, отнесенной к координатной системе (покоящейся относительно источника света), равен  $\varphi$ , то воспринимаемая наблюдателем частота  $\nu'$  света дается следующей формулой:

$$\nu' = \nu \frac{1 - \frac{v}{V} \cos \varphi}{\sqrt{1 - (v/V)^2}}.$$

Это и есть принцип Допплера для любых скоростей. При  $\varphi = 0$  формула принимает более простой вид

$$\nu' = \nu \cdot \sqrt{\frac{1 - \frac{v}{V}}{1 + \frac{v}{V}}}.$$

Мы видим, что, в противоположность обычному представлению, при  $v = -\infty$  частота  $\nu = \infty$ .

Если обозначить через  $\varphi'$  угол между нормалью к фронту волны (направлением луча) и линией, соединяющей источник света с наблюдателем, то формула для  $\varphi'$  примет вид

$$\cos \varphi' = \frac{\cos \varphi - \frac{v}{V}}{1 - \frac{v}{V} \cos \varphi}.$$

Эта формула выражает закон aberrации в его наиболее общей форме. Если  $\varphi = \pi/2$ , то формула принимает простой вид

$$\cos \varphi' = -\frac{v}{V}.$$

Мы должны теперь найти значение амплитуды волн, воспринимаемых наблюдателем в движущейся системе. Обозначив соответственно через  $A$  и  $A'$  амплитуды напряженности электрического или магнитного полей, измеренные в покоящейся и в движущейся системах, получим

$$A'^2 = A^2 \frac{\left(1 - \frac{v}{V} \cos \varphi\right)}{1 - \left(\frac{v}{V}\right)^2}.$$

Это соотношение при  $\varphi = 0$  переходит в более простое

$$A'^2 = A^2 \frac{1 - \frac{v}{V}}{1 + \frac{v}{V}}.$$

Из выведенных уравнений следует, что наблюдателю, который будет приближаться со скоростью  $V$  к некоторому источнику света, последний будет казаться бесконечно интенсивным.

## § 8. Преобразование энергии лучей света. Теория давления, производимого светом на идеальное зеркало

Так как  $A^2/8\pi$  равняется энергии света в единице объема, то на основании принципа относительности величину  $A'^2/8\pi$  мы должны рассматривать как энергию света в движущейся системе. Поэтому величина  $A'^2/A^2$  была бы отношением энергии определенного светового комплекса, «измеренной в движении», к энергии того же комплекса, «измеренной в покое», если бы объем светового комплекса оставался бы одним и тем же при измерении в системах  $k$  и  $K$ . Однако это не так. Если  $a$ ,  $b$ ,  $c$  представляют собой направляющие косинусы нормалей к фронту световой волны в покоящейся системе, то через элементы поверхности сферы

$$(x - Vat)^2 + (y - Vbt)^2 + (z - Vct)^2 = R^2,$$