

будет в ϵ раз меньше:

$$E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0\epsilon r}.$$

С другой стороны, мы можем использовать предыдущую формулу и для нахождения поля в диэлектрике:

$$E = \frac{q - \sigma_1 \cdot 2\pi R_1}{2\pi\epsilon_0 r},$$

где R_1 – радиус внутренней поверхности цилиндра. Приравнявая последние два выражения, получим

$$\sigma_1 = \frac{(\epsilon - 1)q}{2\pi\epsilon R_1}.$$

Поскольку диэлектрик электронейтрален, то

$$2\pi R_2 \sigma_2 - 2\pi R_1 \sigma_1 = 0,$$

где R_2 – радиус внешней поверхности цилиндра. Отсюда

$$\sigma_2 = \sigma_1 \frac{R_1}{R_2} = \frac{(\epsilon - 1)q}{2\pi\epsilon R_2}.$$

Вращение поляризационных зарядов эквивалентно току в соленоиде.

При расстояниях $r_n \leq r \leq R_1$ (здесь r_n – радиус заряженной нити) суммарное магнитное поле двух эквивалентных соленоидов с радиусами R_1 и R_2 равно нулю из-за электронейтральности диэлектрика.

Рассмотрим теперь пространство внутри диэлектрика при $R_1 < r < R_2$. Индукция магнитного поля, создаваемого вращающимися зарядами плотностью σ_1 , очевидно, равна нулю, а вращающиеся заряды плотностью σ_2 создают однородное магнитное поле. В формулу для индукции в соленоиде входит величина NI/L – это величина поверхностного тока на единицу длины соленоида. Эквивалентная величина для вращающихся поляризационных зарядов плотностью σ_2 равна

$$\frac{\omega}{2\pi} \cdot 2\pi R_2 \sigma_2 = \omega R_2 \sigma_2 = \frac{\omega(\epsilon - 1)q}{2\pi\epsilon}.$$

Окончательное выражение для величины индукции будет таким:

$$B = \frac{\mu_0 \omega (\epsilon - 1) q}{2\pi\epsilon} = 1,33 \cdot 10^{-11} \text{ Тл}.$$

Индукция внутри диэлектрика параллельна нити и направлена вертикально вверх.

Во внешнем пространстве индукция магнитного поля равна нулю.

Задача 6*. На двух горизонтальных параллельных и проводящих рельсах, расстояние между которыми l ,

расположены два проводящих и отстоящих друг от друга на расстояние b стержня, каждый массой m . Омическое сопротивление каждого стержня R , а омическим сопротивлением рельсов можно пренебречь.

На каком расстоянии друг от друга окажутся стержни после включения внешнего однородного магнитного поля с индукцией B ? Вектор индукции перпендикулярен плоскости стержней и рельсов.

Сначала обсудим процесс установления магнитного поля, который осуществляется быстро, но за конечное время. Рассмотрим произвольный момент времени, когда еще происходит нарастание индукции магнитного поля. Нарастающее магнитное поле приводит к появлению вихревого электрического поля. Если магнитное поле симметрично относительно центра прямоугольника, образованного рельсами и стержнями, то силовые линии вихревого электрического поля будут иметь вид концентрических окружностей (рис. 10). Работа по перемещению единичного положительного заряда в вихревом поле вдоль замкнутого контура равна ЭДС индукции

$$E_i = - \frac{d\Phi}{dt} = -lb \frac{dB}{dt}.$$

В нашем контуре будет течь ток

$$I = \frac{|E_i|}{2R} = \frac{lb}{2R} \frac{dB}{dt}.$$

Сила, действующая на каждый из стержней, равна

$$F = IlB = \frac{l^2 b}{2R} B \frac{dB}{dt} = \frac{l^2 b}{4R} \frac{d(B^2)}{dt}.$$

Уравнение движения каждого стержня имеет вид

$$m \frac{dv}{dt} = \frac{l^2 b}{4R} \frac{d(B^2)}{dt},$$

или

$$dv = \frac{l^2 b}{4mR} d(B^2).$$

Мы нашли связь бесконечно малого

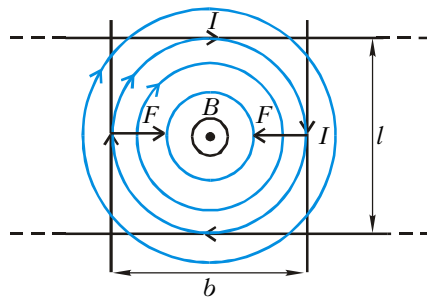


Рис. 10

изменения скорости стержня с бесконечно малым приращением квадрата индукции поля. Для полных приращений получим

$$\int_0^{v_0} dv = \int_0^{B_0} \frac{l^2 b}{4mR} d(B^2).$$

Отсюда найдем конечную скорость стержней:

$$v_0 = \frac{l^2 b B_0^2}{4mR}.$$

Теперь рассмотрим второй этап, когда мы имеем стационарное однородное магнитное поле с индукцией B_0 . В начальный момент времени два стержня находятся на расстоянии b друг от друга и имеют начальные скорости, равные v_0 и направленные навстречу друг другу. На рисунке 11 изображены стержни в произвольный момент времени, когда их координаты равны

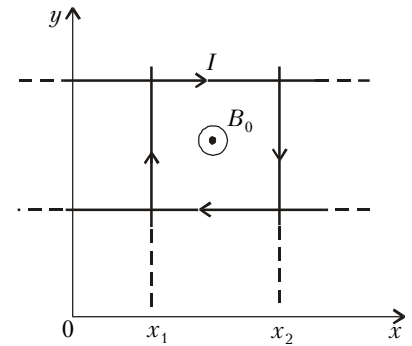


Рис. 11

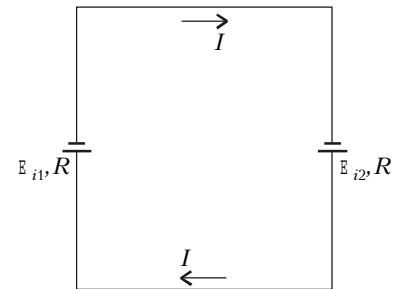


Рис. 12

x_1 и x_2 . Пусть в этот момент в контуре течет ток I по часовой стрелке. Запишем, уравнения движения стержней:

$$m x_1'' = IlB_0,$$

$$m x_2'' = -IlB_0.$$

Эквивалентная электрическая схема контура изображена на рисунке 12, где $E_{i1} = -x_1' B_0$ – ЭДС индукции,

(Окончание см. на с. 55)