

нок). В некоторый момент поля  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$  выключают. Минимальная кинетическая энергия частицы в процессе движения составляет половину начальной. Найдите проекции скорости частицы на направления всех трех полей в момент выключения.

Результирующая сила  $\vec{F}$ , действующая на частицу со стороны полей  $\vec{E}$  и  $\vec{g}$ , постоянна по модулю и направлению. Сила Лоренца не совершает работы, поэтому частица должна двигаться в плоскости, перпендикулярной силе  $\vec{F}$ , чтобы не изменялась абсолютная величина ее скорости. Вектор магнитной индукции тоже лежит в этой плоскости, значит, частица движется прямолинейно, т.е. равнодействующая всех сил равна нулю. Запишем это условие в проекции на ось  $x$ :

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = qE - qv_z B = 0, \text{ и } v_z = \frac{E}{B}.$$

Когда кинетическая энергия достигает минимума, скорость частицы направлена горизонтально. В начальный момент времени кинетическая энергия частицы в 2 раза больше, значит, вертикальная и горизонтальная составляющие начальной скорости одинаковые. Поэтому

$$v_0 = \sqrt{2} v_z = \frac{E\sqrt{2}}{B}.$$

При движении в скрещенных полях силы, действующие на частицу вдоль оси  $z$ , скомпенсированы:

$$mg = qv_x B, \text{ и } v_x = \frac{m g}{q B}.$$

Составляющую скорости  $v_y$  найдем из условия

$$v_x^2 + v_y^2 + v_z^2 = v_0^2,$$

откуда

$$v_y = \sqrt{\left(\frac{E}{B}\right)^2 - \left(\frac{m g}{q B}\right)^2}.$$

А.Шеронов

**Ф1844.** Коллекторный двигатель питается от источника постоянного напряжения  $U = 12$  В. На холостом ходу сила тока через обмотки ротора равна  $I_1 = 4$  А. Когда ротор затормозили до полной остановки, сила тока увеличилась до  $I_2 = 24$  А. Какую наибольшую полезную механическую мощность можно получить с помощью этого двигателя, если магнитное поле в нем создается постоянными магнитами, а момент сил трения в подшипниках ротора не зависит от скорости его вращения и от механической нагрузки?

Возникающая в обмотках ротора ЭДС прямо пропорциональна угловой скорости его вращения:  $\mathcal{E} = \alpha\omega$ . Поэтому при полной остановке ротора ток через обмотки определяется только их активным сопротивлением  $R = U/I_2$ .

Пусть  $\omega_1$  – угловая скорость вращения ротора при работе двигателя на холостом ходу. Тогда из закона Ома

$$U = \alpha\omega_1 + I_1 R$$

находим

$$\alpha = \frac{U - I_1 R}{\omega_1}.$$

В этом случае работа источника идет на выделение тепла в обмотках и на преодоление сил трения, поэтому из закона сохранения энергии

$$UI_1 = M\omega_1 + I_1^2 R$$

находим момент сил трения:

$$M = \frac{UI_1 - I_1^2 R}{\omega_1}.$$

Когда двигатель нагружен и вращается с угловой скоростью  $\omega$ , из закона Ома для силы тока в обмотках получаем

$$I = \frac{U - \alpha\omega}{R}.$$

Полезная мощность двигателя в этом случае равна

$$P(\omega) = UI - I^2 R - M\omega = -\frac{\alpha^2}{R} \omega^2 + \left(\frac{\alpha U}{R} - M\right) \omega.$$

Это – квадратичная функция, поэтому мощность будет максимальна при

$$\omega = \omega_m = \frac{\alpha U - MR}{2\alpha^2}.$$

Подставив в  $P(\omega)$  выражения для  $R$ ,  $\alpha$ ,  $M$  и  $\omega_m$ , получим

$$P_m = P(\omega_m) = \frac{UI_2}{4} \left(1 - \frac{I_1}{I_2}\right)^2 = 50 \text{ Вт}.$$

В.Ефимов

**Ф1845.** С одной из пластин изначально незаряженного конденсатора, подключенного выводами к катушке индуктивностью  $L$ , мгновенно отделяется тонкий слой вещества, несущий заряд  $q$ . Затем он движется поступательно как целое с постоянной скоростью  $v$  по направлению к противоположной пластине (рис. 1). Найдите зависимость тока через катушку от времени, пока слой движется в конденсаторе. Расстояние между пластинами конденсатора  $d$ , площадь поперечного сечения пластин  $S$ .

Сразу после отделения слоя вещества ток в цепи будет равен нулю, заряд на левой пластинке будет равен  $-q$ , а на правой заряда не будет.

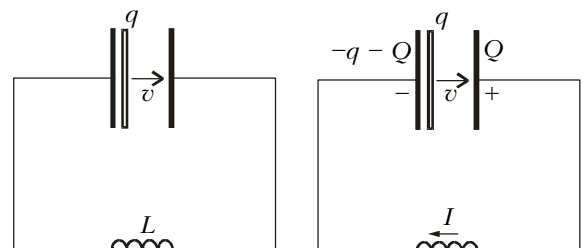


Рис.1

Рис.2