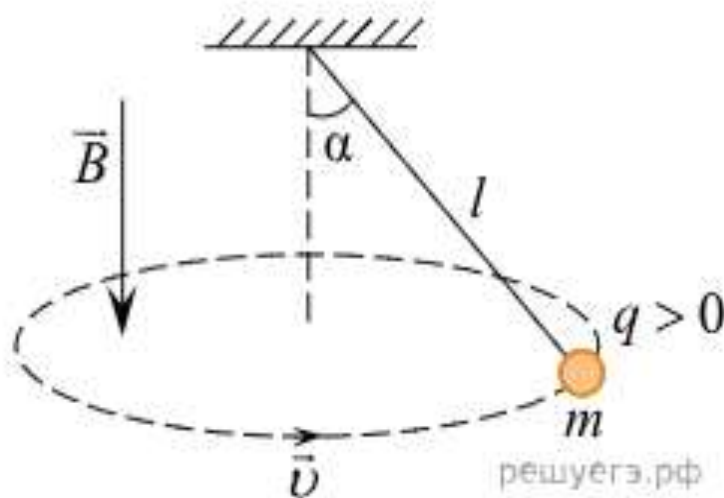


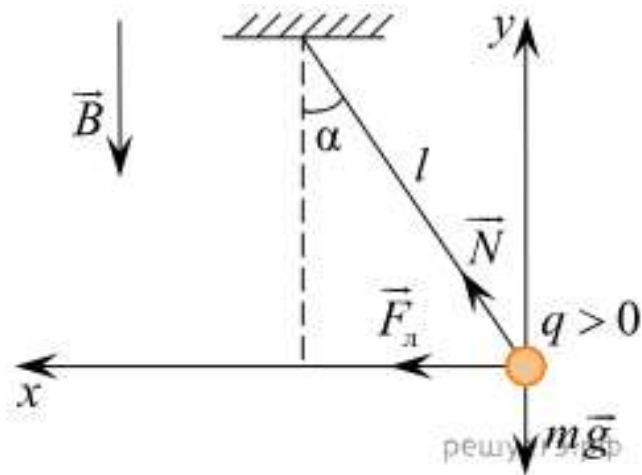
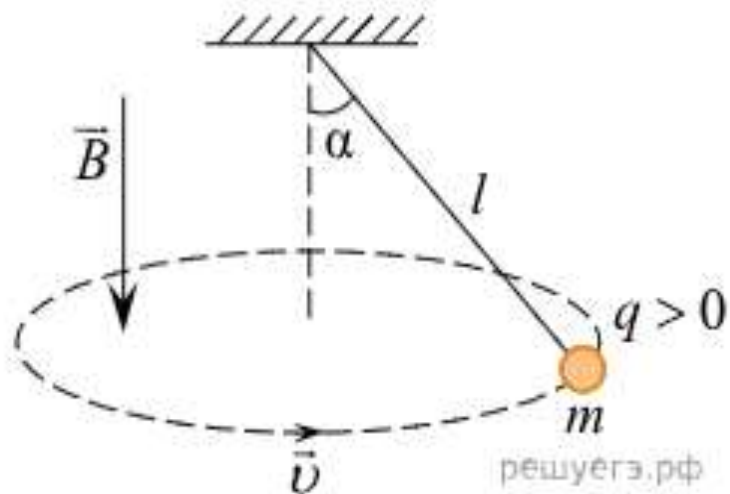
Задание №25

Электродинамика

(расчетная задача высокого уровня)

1. В однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} направленной вертикально вниз, равномерно вращается в горизонтальной плоскости против часовой стрелки положительно заряженный шарик массой m , подвешенный на нити длиной l (конический маятник). Угол отклонения нити от вертикали равен α , скорость движения шарика равна v . Найдите заряд шарика.





Решение.

По второму закону Ньютона в проекциях на оси:

$$\begin{cases} N \sin \alpha + qvB = ma \\ N \cos \alpha - mg = 0 \end{cases}$$

Центростремительное ускорение при движении по окружности:

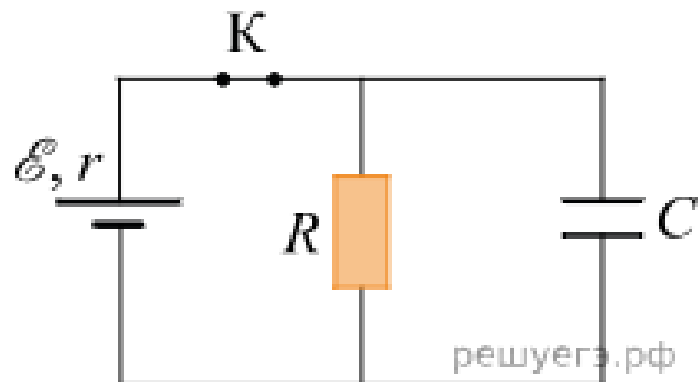
$$a = \frac{v^2}{R}$$

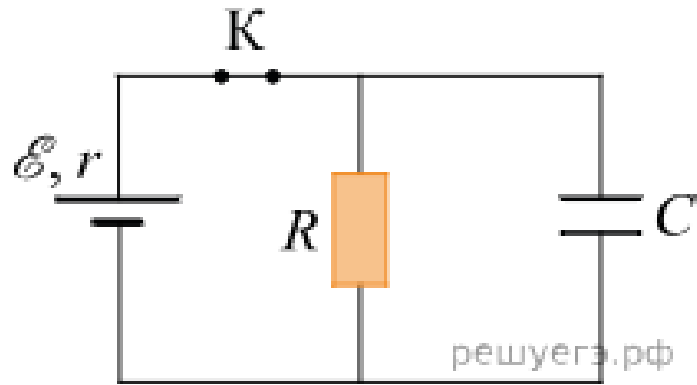
3. Так как $R = l \sin \alpha$, то заряд:

$$q = \frac{m}{B} \left(\frac{v}{l \sin \alpha} - \frac{g}{v} \operatorname{tg} \alpha \right)$$

Ответ: $q = \frac{m}{B} \left(\frac{v}{l \sin \alpha} - \frac{g}{v} \operatorname{tg} \alpha \right)$

2. В электрической схеме, показанной на рисунке, ключ K замкнут. Заряд конденсатора $q = 2$ мкКл, ЭДС батарейки 24 В, ее внутреннее сопротивление 5 Ом, сопротивление резистора 25 Ом. Найдите количество теплоты, которое выделяется на резисторе после размыкания ключа K в результате разряда конденсатора. Потерями на излучение пренебречь.





Решение.

Количество теплоты, выделяющееся на резисторе после размыкания ключа:

$$Q = W_c = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}$$

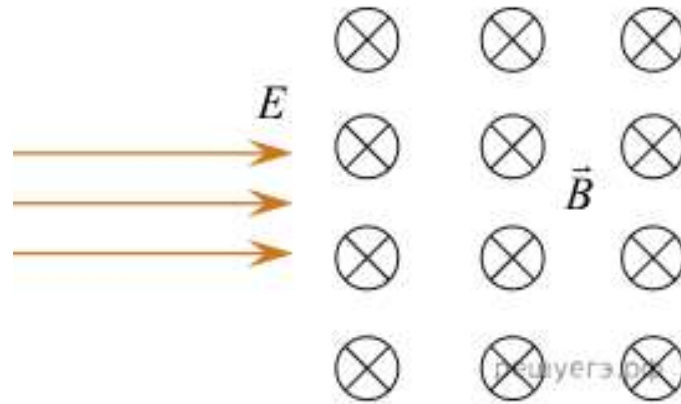
Напряжение на конденсаторе равно падению напряжения на резисторе. С учетом закона Ома для полной цепи:

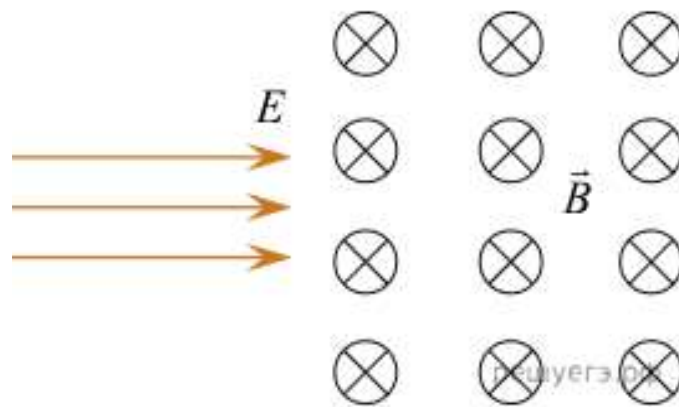
$$U = IR = \frac{\varepsilon R}{r + R}$$

Отсюда: $Q = \frac{q\varepsilon R}{2(r+R)} = 20 \text{ мкДж}$

Ответ: 20 мкДж

3. Изначально покоящаяся частица проходит в электрическом поле от одной точки до другой, напряжение между ними составляет 5 кВ. После она попадает в магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции, его модуль 2 Тл. Радиус траектории частицы в поле равен $R = 0,25\text{ м}$. Найти отношение массы частицы к ее электрическому заряду $\frac{m}{q}$





Решение.

Первоначально покоящаяся заряженная частица разгоняется электрическим полем, работа которого равна изменению кинетической энергии:

$$A = \Delta W_k \quad qU = \frac{mv^2}{2}$$

Тогда частица приобретает скорость $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$

На частицу, движущуюся в магнитном поле действует сила Лоренца:

$$F = Bqvs \sin \alpha \quad (\sin \alpha = 1)$$

Данная сила становится причиной ускорения, которое по второму закону Ньютона равно $a = \frac{F}{m}$

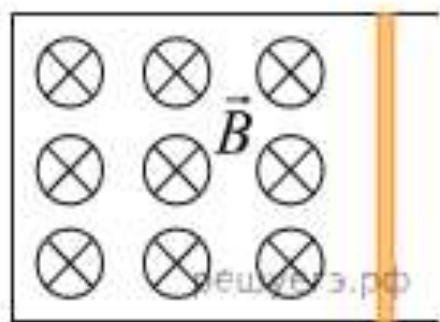
Так как центростремительное ускорение равно $a = \frac{v^2}{R}$

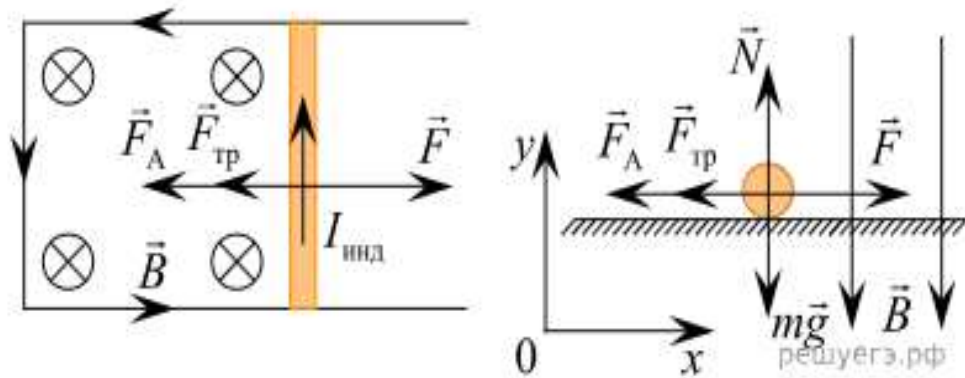
Отсюда:

$$\frac{m}{q} = \frac{(RB)^2}{2U} = 25 * 10^{-6} \text{ кг/Кл}$$

Ответ: $25 * 10^{-6} \text{ кг/Кл}$

4. Металлический стержень, согнутый в виде буквы П, закреплен в горизонтальном положении (см. рис.). На параллельные стороны стержня опирается концами перпендикулярная перемычка прямоугольного поперечного сечения, массой 370 г и длиной 1 м. Сопротивление перемычки равно 0,025 Ом. Вся система находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл. Какую горизонтальную силу нужно приложить к перемычке, чтобы двигать ее с постоянной скоростью 2 м/с, если коэффициент трения между стержнем и перемычкой равен 0,2? Сопротивлением стержня пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на перемычку.





Решение.

При движении перемычки в магнитном поле на ее концах возникает ЭДС индукции:

$$\varepsilon = Bvls \sin \alpha = Bvl$$

Согласно закону Ома для полной цепи в замкнутом контуре возникает индукционный ток:

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{Bvl}{R}$$

Так как скорость перемычки постоянна, то ЭДС и индукционный ток также будут постоянными.

Сила Ампера: $F_A = Bil = \frac{B^2 l^2 v}{R}$

Второй закон Ньютона:

$$\begin{aligned} O_x: 0 &= F - F_{\text{тр}} - F_A \\ O_y: 0 &= N - mg \end{aligned}$$

Сила трения скольжения: $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$

Отсюда: $F = \frac{(Bl)^2 v}{R} + \mu mg = \frac{(0,1 \cdot 1)^2 \cdot 2}{0,025} + 0,2 \cdot 0,37 \cdot 10 = 1,54 \text{ Н}$

Ответ: 1,54 Н.

5. В закрытом сосуде находится воздух при нормальных условиях. Его нагрели электрическим нагревателем, при напряжении 100 В и силе тока в нем 2 А. КПД нагревателя 13%. Через 10 мин давление в сосуде повысилось до $4 \cdot 10^5$ Па. Чему равен объем этого сосуда? Удельная теплоемкость воздуха в данном процессе равна $c = 716$ Дж/(кг*К), а его плотность при нормальных условиях равна $\rho = 1,29$ кг/м³.

Решение.

Так как сосуд закрытый, то процесс нагревания является изохорным:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

Отсюда температура газа: $T_2 = \frac{p_2 T_1}{p_1}$

В результате воздух получает количество теплоты: $Q = cm\Delta T$

Масса воздуха: $m = \rho V$

При прохождении тока через электронагреватель совершается работа $A = UIt$

При этом КПД нагревателя: $\eta = \frac{Q}{A} = \frac{c\rho VT_1(p_2 - p_1)}{p_1 UIt}$

Отсюда: $V = \frac{\eta p_1 UIt}{c\rho T_1(p_2 - p_1)} = \frac{0,13 \cdot 10^5 \cdot 100 \cdot 2 \cdot 600}{716 \cdot 1,29 \cdot 273 \cdot 3 \cdot 10^5} \approx 0,021 \text{ м}^3$

Ответ: 0,021 м³.