

январь 2017 г.

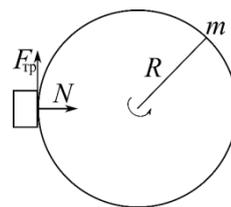
1. Маховик массой $m = 20$ кг и радиусом $R = 120$ мм вращается с частотой $\nu_0 = 600$ об/мин. С какой силой надо прижать к нему тормозную колодку, чтобы он остановился за $\tau = 3$ с, если коэффициент трения $k = 0,1$? Маховик считать однородным диском.
2. Теплоизолированный сосуд разделён на две равные части перегородкой, в которой имеется закрывающееся отверстие. В одной половине $m = 10$ г водорода, во второй – вакуум. Отверстие в перегородке открывают, и газ заполняет весь объём. Считая газ идеальным, найти изменение его температуры и энтропии.
3. Плоский конденсатор с расстоянием между обкладками d заряжен до напряжения U_1 и отключен от источника. В конденсатор, параллельно обкладкам, вводят пластину толщиной h с диэлектрической проницаемостью ϵ . Площадь пластины равна площади обкладок. Найти напряжение на конденсаторе после введения пластины.
4. Плоский заряженный конденсатор с обкладками в виде круглых дисков радиуса R заполнен немагнитной слабо проводящей средой. В результате через среду протекает ток I . Найти индукцию магнитного поля на расстоянии $r < R$ от оси конденсатора.
5. В однородное магнитное поле с индукцией \vec{B} помещена металлическая лента шириной d и толщиной a (плоскость ленты перпендикулярна к индукции \vec{B}). По ленте пропускают ток I . Найти разность потенциалов V , возникающую между краями ленты (на расстоянии d), если концентрация свободных электронов в металле n (частный случай эффекта Холла).

Решение

1. $I \frac{d\omega}{dt} = -F_{\text{тр}} R = -kNR.$

$$\omega(t) = \omega_0 - \frac{kNRt}{I} \Rightarrow \omega_0 = \frac{kNR\tau}{I}.$$

$$N = \frac{\omega_0 I}{kR\tau} = \frac{2\pi\nu_0 m R^2 / 2}{kR\tau} = \frac{\pi\nu_0 m R}{k\tau} = 251 \text{ Н.}$$



2. Т.к. газ идеальный, то после заполнения всего сосуда, его температура не изменится. $\Delta S = \nu R \ln\left(\frac{2V}{V}\right) = \frac{m}{\mu} R \ln 2 = 28,8 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}.$

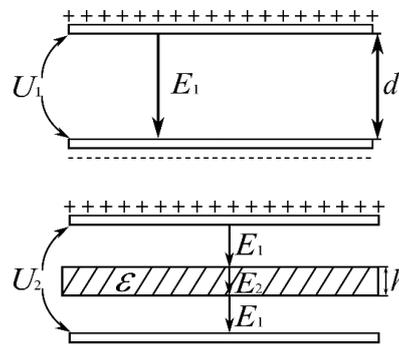
3. После введения пластины поле в зазоре не изменится (по т. Гаусса).

$$U_1 = E_1 d, \quad (1)$$

$$U_2 = E_1(d - h) + E_2 h, \quad (2)$$

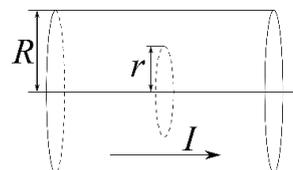
$$D_1 = D_2, \quad E_1 = \varepsilon E_2. \quad (3)$$

$$\text{Из (1) } \div \text{(3): } U_2 = U_1 \frac{\varepsilon(d-h)+h}{d\varepsilon} = U_1 \left(1 - \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} \frac{h}{d}\right).$$



4. По теореме о циркуляции вектора \vec{B} :

$$B \cdot 2\pi r = \frac{4\pi}{c} I \frac{r^2}{R^2}; \quad B = \frac{2Ir}{cR^2}. \quad (\text{СИ: } B = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2})$$



5. Установится такое поле \vec{E} , что сила Лоренца, действующая на электроны, обратится в ноль:

$$e\vec{E} + \frac{e}{c} [\vec{v}, \vec{B}] = 0; \quad \vec{E} = -\frac{1}{c} [\vec{v}, \vec{B}]$$

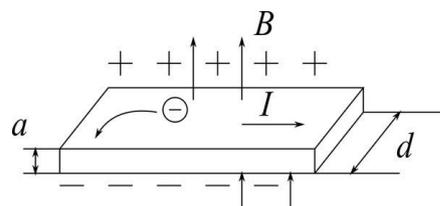
$$E = \frac{vB}{c}, \quad (1)$$

где \vec{v} - скорость электронов.

$$\text{Из (1): } V = Ed = \frac{vBd}{c}. \quad (2)$$

$$I = nevS; \quad S=ad \Rightarrow v = \frac{I}{nead} \quad (3)$$

$$\text{Из (2), (3): } V = \frac{IB}{cnea}. \quad (\text{СИ: } V = \frac{IB}{nea}).$$



Инструкция для проверяющих

За каждую задачу выставляется баллы согласно следующим критериям:

1	Задача решена верно: приведено обоснованное решение и даны ответы на все вопросы задачи. Возможно наличие арифметических ошибок, не влияющих на ход решения и не приводящих к ошибке в порядке величины.
0,8	Ход решения задачи в целом верен и получены ответы на все вопросы задачи, но решение содержит вычислительные или логические ошибки (арифметические ошибки, влияющие на порядок величины; ошибки в размерности; незначительные ошибки в выкладках; ошибка в знаке величины; отсутствуют необходимые промежуточные доказательства и т.п.)
0,5	Задача не решена или решена частично, но все необходимые для решения физические законы сформулированы и корректно применены к задаче. При этом есть исходная система уравнений, выкладки начаты, но не доведены до конца, либо содержат грубые ошибки.
0,2	Задача не решена, но есть некоторые подвижки в её решении: использованы физические законы, на основе которых задача может быть решена, однако допущены ошибки на этапе составления исходной системы.
0	Задача не решена: основные физические законы перечислены не полностью или использованы законы, не имеющие отношения к задаче; подход к решению принципиально неверен; решение задачи не соответствует условию; попытки решить задачу не было.

Оценка за работу равна удвоенной сумме баллов по всем задачам, округленной до ближайшего целого (десятибалльная система).

Итоговая оценка за письменную работу:

10, 9, 8 баллов – отлично,

7, 6, 5 баллов – хорошо,

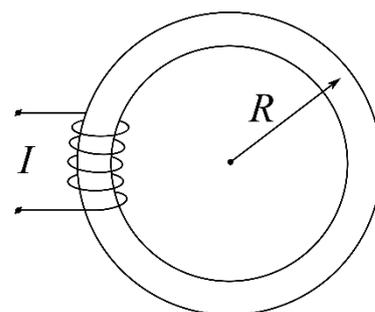
4, 3 балла – удовлетворительно,

2, 1, 0 баллов – неудовлетворительно.

январь 2018 г.

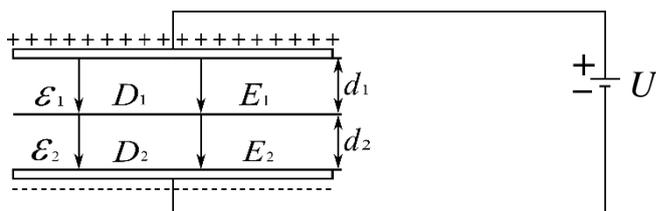
1. Ракета с начальной массой $m_0 = 8$ кг запущена вертикально вверх. Расход топлива $\mu = 0,5$ кг/с, скорость истечения газов из сопла ракеты $u = 300$ м/с. Найти ускорение ракеты через $t = 4$ с работы двигателя. Сопротивление воздуха не учитывать.
2. Идеальный газ нагревают при постоянном давлении. Найти зависимость длины свободного пробега λ и числа столкновений z молекулы (с другими молекулами) в одну секунду от температуры.

3. На тороидальный железный сердечник с проницаемостью $\mu \gg 1$ намотано N витков, по которым протекает ток I . Радиус тора R . Найти поля H и B в сердечнике.



4. Поверхностная плотность заряда на пластинах плоского конденсатора, заполненного диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ϵ , равна σ . Найти объемную плотность электрической энергии в конденсаторе w . Краевыми эффектами пренебречь.

5. Найти поля \vec{E} и \vec{D} , а также плотность поляризационных зарядов на границе раздела диэлектриков.



Известными считать ϵ_1 , ϵ_2 , d_1 , d_2 , U .

Решение

1. Уравнение Мещерского: $ma = -mg - u \frac{dm}{dt}$.

Здесь $\frac{dm}{dt} = -\mu$, $m = m_0 - \mu t$.

Ускорение: $a = \frac{\mu u - (m_0 - \mu t)g}{m_0 - \mu t} = \frac{0,5 \cdot 300 - (8 - 0,5 \cdot 4) \cdot 10}{8 - 0,5 \cdot 4} = 15 \text{ м/с}^2$.

2. 1) $\lambda \sim \frac{1}{n} \sim \frac{T}{P} \Rightarrow$ При $p = \text{const}$: $\lambda \sim T$.

2) $\tau = \frac{\lambda}{v} \sim \frac{T}{P \sqrt{T/m}} = \frac{\sqrt{Tm}}{P}$; $z = \frac{1}{\tau} \sim \frac{P}{\sqrt{Tm}} \Rightarrow$ При $P = \text{const}$: $z \sim \frac{1}{\sqrt{T}}$.

3. По теореме о циркуляции вектора \vec{H} :

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = 2\pi R H = \frac{4\pi}{c} IN; H = \frac{2IN}{cR}; B = \mu H = \frac{2\mu IN}{cR}.$$

(СИ: $H = \frac{IN}{2\pi R}$; $B = \mu\mu_0 H = \frac{\mu\mu_0 IN}{2\pi R}$)

4. Объемная плотность электрической энергии в конденсаторе:

$$w = \frac{\varepsilon E^2}{8\pi} = \frac{D^2}{8\pi\varepsilon}. \quad (1)$$

По теореме Гаусса:

$$D = 4\pi\sigma. \quad (2)$$

Из (1), (2): $w = \frac{16\pi^2\sigma^2}{8\pi\varepsilon} = \frac{2\pi\sigma^2}{\varepsilon}$. (СИ: $w = \frac{\sigma^2}{2\varepsilon\varepsilon_0}$).

5. 1) $\left. \begin{array}{l} E_1 d_1 + E_2 d_2 = U \\ D_1 = D_2; \varepsilon_1 E_1 = \varepsilon_2 E_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} E_1 = \frac{U}{d_1 + \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} d_2} \quad (1) \\ E_2 = \frac{U}{d_2 + \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} d_1} \quad (2) \end{array}$

2) $D_1 = D_2 = \varepsilon_1 E_1 = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 d_2} U$ (СИ: $D_1 = D_2 = \varepsilon_0 \varepsilon_1 E_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 d_2} U$)

3) По теореме Гаусса: $(E_2 - E_1)\Delta S = 4\pi\sigma'\Delta S$.

Из (1), (2): $\sigma' = \frac{E_2 - E_1}{4\pi} = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{4\pi(\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 d_2)} U$. (СИ: $\sigma' = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)}{(\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 d_2)} U$)

Инструкция для проверяющих

За каждую задачу выставляется баллы согласно следующим критериям:

1	Задача решена верно: приведено <i>обоснованное</i> решение и даны ответы на все вопросы задачи. Возможно наличие арифметических ошибок, не влияющих на ход решения и не приводящих к ошибке в порядке величины.
0,8	Ход решения задачи в целом верен и получены ответы на <i>все</i> вопросы задачи, но решение содержит вычислительные или логические ошибки (арифметические ошибки, влияющие на порядок величины; ошибки в размерности; незначительные ошибки в выкладках; ошибка в знаке величины; отсутствуют необходимые промежуточные доказательства и т.п.)
0,5	Задача не решена или решена частично, но <i>все</i> необходимые для решения физические законы сформулированы и <i>корректно применены</i> к задаче. При этом есть исходная система уравнений, выкладки начаты, но не доведены до конца, либо содержат грубые ошибки.
0,2	Задача не решена, но есть некоторые подвижки в её решении: использованы физические законы, на основе которых задача может быть решена, однако допущены ошибки на этапе составления исходной системы.
0	Задача не решена: основные физические законы перечислены не полностью или использованы законы, не имеющие отношения к задаче; подход к решению принципиально неверен; решение задачи не соответствует условию; попытки решить задачу не было.

Оценка за работу равна удвоенной сумме баллов по всем задачам, округленной до ближайшего целого (десятибалльная система).

Итоговая оценка за письменную работу:

10, 9, 8 баллов – отлично,

7, 6, 5 баллов – хорошо,

4, 3 балла – удовлетворительно,

2, 1, 0 баллов – неудовлетворительно.