

Олимпиада школьников
«Звезда – Таланты на службе обороны и безопасности» по физике
2014/2015уч.г.
11 класс

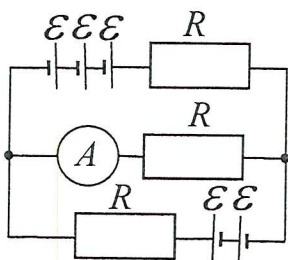


Вариант №1.

Задание 1 (20 баллов): На вертикальном ветровом стекле автомобиля, едущего со скоростью u , давлением встречного ветра удерживается газета масса которой m . При каком минимальном коэффициенте трения k газеты о стекло это возможно? Плотность воздуха ρ , площадь газеты S , скорость ветра v ? Трением воздуха о газету пренебречь.

Задание 2 (15 баллов): Идеальная тепловая машина Карно, цикл которой совершается в обратном направлении (холодильная машина), использует воду при $0\text{ }^\circ\text{C}$ в качестве холодильника и воду при $100\text{ }^\circ\text{C}$ в качестве нагревателя. Сколько воды нужно заморозить в холодильнике, чтобы превратить в пар 500 г воды в нагревателе? Удельная теплота парообразования $r = 2,26 \cdot 10^6\text{ Дж/кг}$, удельная теплота плавления $\lambda = 3,35 \cdot 10^5\text{ Дж/кг}$.

Задание 3 (15 баллов): В электрической цепи каждое э.д.с. равно $\varepsilon = 1,5\text{ В}$, $R = 10\text{ Ом}$. Что показывает амперметр? Источники питания и амперметр считать идеальными.



Задание 4 (25 баллов): Тонкой сферической оболочке радиусом $R_1 = 5\text{ см}$ и массой $m = 0,015\text{ г}$ сообщают заряд до тех пор, пока при достижении потенциала $\varphi = 10\text{ кВ}$ оболочка не разлетится на мелкие осколки вследствие электростатического отталкивания ее частей. Найти скорость осколков к моменту, когда они окажутся на сферической поверхности радиусом $R_2 = 12\text{ см}$.

Задание 5 (25 баллов): Выпуклая сторона плосковыпуклой линзы с радиусом кривизны $R_1 = 60\text{ см}$ посеребрена, в результате чего получилось своеобразное вогнутое зеркало. Перед этим зеркалом на расстоянии $d = 25\text{ см}$ от него помещен предмет. Найти расстояние от зеркала до изображения и увеличение, если показатель преломления вещества $n = 1,5$.

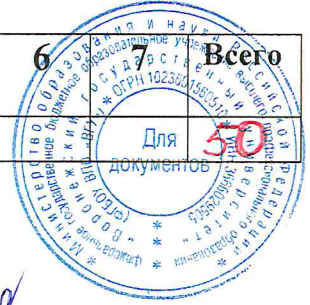


Олимпиада школьников

Звезда - таланты
на службе обороны
и безопасности

Шифр 36-11-15

Задание	1	2	3	4	5	6	7	Всего
Баллы	10	15	15	10	0			50



чертовская,

$$F = k \frac{q^2}{R_1^2}; \quad E = \frac{kq}{R_1^2}$$

$$W_{2.н.} = qEd = \frac{kq^2}{R_1^2} d = q\varphi$$

$$F = qE$$

$$\frac{kq^2}{R_1^2} = \frac{q\varphi}{d}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{н.м}^2}{\text{к}1^2}$$

$$k_1 \cdot B = H$$

$$\frac{kqd}{\varphi R_1^2} = 1; \quad \frac{\varphi R_1^2}{kd} = \varphi$$

$$v = \frac{B_{\text{шт}} \cdot k_1}{\sqrt{\mu \cdot H \cdot \mu \cdot \mu}} = \frac{\sqrt{H}}{\sqrt{\mu \cdot \mu \cdot \mu}} = \frac{\sqrt{H}}{\sqrt{\mu \cdot \mu \cdot \mu}}$$

$$F_{2.н.} = Eq = \frac{kq}{R_1^2} \cdot \frac{\varphi R_1^2}{kd} = \frac{\varphi R_1^2}{kd} \cdot \frac{q}{d} = \frac{\varphi^2 R_1^2}{kd^2}$$

$$= \frac{\sqrt{\frac{\mu}{\epsilon^2}}}{\sqrt{\mu \cdot \mu}} = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon^2} \cdot \frac{1}{\mu}} =$$

$$= \frac{1}{c}$$

$$v^2 = \frac{B^2 \cdot \mu^2 \cdot k_1^2}{\mu \cdot \mu \cdot \mu} \cdot \frac{\mu}{\mu} = \frac{\mu^2}{\mu \cdot \mu \cdot \mu} = \frac{\mu \cdot \mu}{\mu \cdot \mu}$$

$$v = \frac{B \cdot \mu \cdot k_1}{\sqrt{\mu \cdot H \cdot \mu}} = \frac{\sqrt{H \cdot \mu}}{\sqrt{\mu}} = \frac{\sqrt{\mu \cdot \frac{\mu}{\epsilon^2} \cdot \mu}}{\sqrt{\mu}} \stackrel{v = ab}{=} \frac{\sqrt{\mu^2}}{\epsilon}$$

$$\frac{B^2 \cdot \mu^2 \cdot k_1^2}{\mu \cdot \mu^2 \cdot \mu^2} = \frac{\mu^2}{\mu \cdot \mu^2}$$

$$\frac{B \cdot \mu^2 \cdot k_1^2}{\mu \cdot \mu^2 \cdot \mu}$$

$$H = \frac{B^2 \cdot \mu^2 \cdot k_1^2}{\mu \cdot \mu^2 \cdot \mu^2} \cdot \frac{\mu}{\mu^2}$$

$$\frac{B \cdot \mu^2 \cdot k_1^2}{\mu \cdot \mu^2 \cdot \mu}$$

$$\frac{\varphi}{R_1} \cdot \frac{\mu^2 \cdot R_1}{k \cdot d} = \frac{B^2 \cdot \mu \cdot k_1^2}{\mu \cdot \mu \cdot \mu^2 \cdot \mu}$$

$$k = \frac{F R^2}{q^2}$$

$$\mu \cdot \mu = B \cdot k_1$$

1.

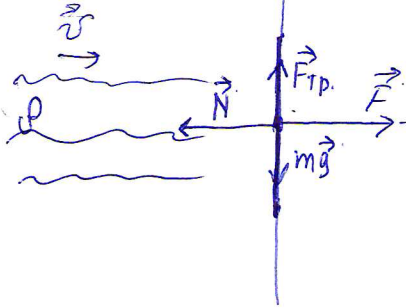


Дано:
теп. вер. стило

Решение:

v
 m
 ρ
 v
 v
 v

$k=?$



$\vec{F} = m\vec{a}$ — закон Ньютона.

т.к. плита остаётся неподвижной $\Rightarrow \vec{0} = \vec{F}_{Tp} + \vec{N} + \vec{F} + m\vec{g}$

$O_x: F = N$

$O_y: F_{Tp} = mg; F_{Tp} = \gamma N = \gamma F. (k = \gamma)$

10

$$\begin{cases} F = N \\ \gamma F = mg \end{cases}$$

$F = \rho S$

считаем воздух идеал. газом \Rightarrow

$\gamma = \frac{mg}{F} = \frac{mg}{\rho S}$

$\Rightarrow \rho = \frac{1}{3} \rho v^2$

~~$v^2 = v_0^2 = v^2 + u^2$~~

$\bar{v} = \bar{v}_x^2 = \bar{v}_y^2 = \bar{v}_z^2$

\bar{v} — средняя квадратичная скорость молекул воздуха.

$\bar{v}_x = (\bar{v}^2 + u^2)^2$ (по направлению скорости)

$\bar{v}_x = \bar{v} + u$

\Downarrow

$\rho = \frac{1}{3} \rho (\bar{v} + u)^2$

$k = \gamma = \frac{3mg}{\rho (\bar{v} + u)^2 S}$

Ответ: $\frac{3mg}{\rho (\bar{v} + u)^2 S}$



2

15

Дано:

$$T_x = 0^\circ\text{C} = 273\text{K}$$

$$T_H = 100^\circ\text{C} = 373\text{K}$$

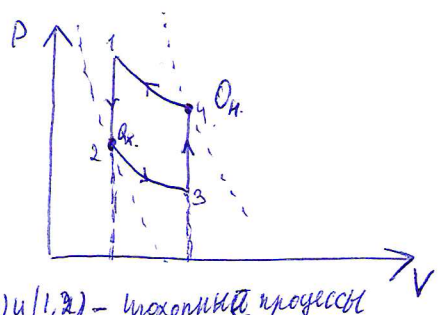
$$m_H = 0,5\text{кг}$$

$$L = \lambda = 2,26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$\lambda = 335000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$m_x = ?$

Решение:



(3,4) и (1,2) - изохорные процессы

$$V = \text{const}; \Delta U = 0$$

$$Q = \Delta U = mc\Delta t$$

(2,3) и (4,1) - изотермические процессы.

$$T = \text{const}; \Delta U = 0$$

$$Q = A' = p\Delta V$$

$$Q_1 = \lambda m_x = Q_x \quad 3$$

$$Q_2 = L m_H = Q_H \quad 3$$

$$\eta = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H}; \quad \eta Q_H = Q_H - Q_X; \quad Q_X = Q_H(1 - \eta) \quad 3$$

$$\lambda m_x = L m_H (1 - \eta) \quad 3$$

$$\lambda m_x = L m_H \left(1 - \frac{T_H - T_x}{T_H}\right)$$

$$m_x = \frac{L}{\lambda} m_H \left(\frac{T_H - T_H + T_x}{T_H}\right); \quad m_x = \frac{L}{\lambda} m_H \left(\frac{T_x}{T_H}\right)$$

$$m_x = \frac{2,26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{3,35 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} \cdot 0,5\text{кг} \cdot \frac{273\text{K}}{373\text{K}} \approx 2,5\text{кг}$$

Ответ: $\approx 2,5\text{кг}$.

$Q = A' + \Delta U$ - 2-й закон термодинамики.

~~$Q_H = Q_X$~~

$$\eta = \frac{T_H - T_x}{T_H}; \quad \eta = \frac{100}{373} = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H} \approx 0,2$$

$$\frac{100 \cdot 373}{373 \cdot 373} = \frac{37300}{139099} \approx 0,268$$

3



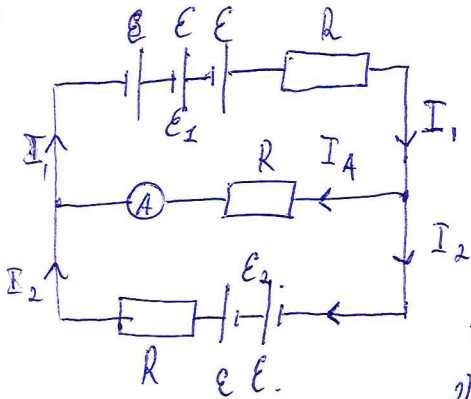
Дано:

$$\mathcal{E} = 1,5\text{В}$$

$$R = 100\text{М}$$

$I_A = ?$

Решение:



$$I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R+r} \text{ - закон Ома для полной цепи.}$$

$$I = \frac{\mathcal{U}}{R} \text{ - закон Ома для участка цепи.}$$

$$\mathcal{E}_1 = 3\mathcal{E} = 4,5\text{В}$$

$$\mathcal{E}_2 = 2\mathcal{E} = 3\text{В}$$

15

по правилу Кирхгофа:

$$1) I_1 = I_A + I_2$$

$$2) 5\mathcal{E} = I_1 R + I_2 R = R(I_1 + I_2)$$

$$3) 3\mathcal{E} = I_1 R + I_A R = R(I_1 + I_A)$$

$$I_A = I_1 - I_2 = \frac{3\mathcal{E}}{R} - I_1 - I_2 = \frac{3\mathcal{E}}{R}$$

$$\frac{5\mathcal{E}}{R} = I_1 + I_2$$

$$I_1 - I_A + I_2 = \frac{3\mathcal{E}}{R} - I_A$$

$$I_A = \frac{3\mathcal{E}}{2R} - \frac{I_2}{2}$$

$\frac{I_A}{\mathcal{E}}$

$$\frac{5}{3} = \frac{I_1 + I_2}{I_1 + I_A}; \quad 5I_1 + 5I_2 - 3I_1 - 3I_2 = 0$$

$$2I_1 - 3I_2 + 5I_A = 0; \quad I_A = I_1 - I_2$$

$$2I_1 - 3I_2 + 5I_1 - 5I_2 = 0$$

$$7I_1 = 8I_2$$

$$I_2 = \frac{7}{8}I_1$$

$$\frac{5\mathcal{E}}{R} = I_1 + \frac{7}{8}I_1 = 1\frac{7}{8}I_1; \quad \frac{8\mathcal{E}}{3R} = I_1$$

$$\frac{3\mathcal{E}}{R} = \frac{8\mathcal{E}}{3R} + I_A$$

$$\frac{3\mathcal{E} - 8\mathcal{E}}{3R} = I_A$$

$$\frac{9\mathcal{E} - 8\mathcal{E}}{3R} = I_A; \quad I_A = \frac{\mathcal{E}}{3R} = \frac{1,5\text{В}}{300\text{М}} = 0,05\text{А}$$

Ответ: 0,05А.



Решение:

1) Т.к. оболочка разлетается на мелкие кусочки под действием сил электростатического отталкивания \Rightarrow масса $\vec{a} = F_{\text{стат. колл.}} / m$ (по 2 закону Ньютона)

т.е. ускорение осколков создается сила электростатического отталкивания.

2) По закону сохранения энергии: $\frac{m v_1^2}{2} = \frac{n \cdot m_0 v_2^2}{2}$, где n - кол-во осколков, m_0 - масса осколка
(суммарная энергия осколков будет эквивалентна энергии оболочки движущейся с этой же скоростью)
 $v_1 = v_2$

из (1) и (2) $\Rightarrow m a = F_{\text{эл. ст. колл. оболочки}} \quad d = R_2 - R_1$

10

~~$q = \frac{F_{\text{эл. ст. колл.}}}{m} = \frac{2(R_2 - R_1)}{v^2 - v_0^2}$~~ ; $v_0 = 0$; $F_{\text{эл. ст. колл.}} = E q$; $s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$
 ~~$\frac{F_{\text{эл. ст. колл.}}}{m} = \frac{2(R_2 - R_1)}{v^2}$~~ ; $a = \frac{F_{\text{эл. ст. колл.}}}{m} = \frac{v^2 - v_0^2}{2(R_2 - R_1)}$; $q_1 - q_2 = U = E d$; $W_{\text{эл. ст. колл.}} = q E d$
 ~~$v^2 = \frac{2 m d (R_2 - R_1)}{F_{\text{эл. ст. колл.}}}$~~ ; $\frac{F_{\text{эл. ст. колл.}}}{m} = \frac{v^2}{2(R_2 - R_1)}$; $q = \frac{W_{\text{эл. ст. колл.}}}{q}$; $F_{\text{эл. ст. колл.}} = \frac{W_{\text{эл. ст. колл.}}}{d}$
 ~~$v^2 = \frac{2 F_{\text{эл. ст. колл.}} (R_2 - R_1)}{m}$~~ ; $\frac{q q}{d} = F_{\text{эл. ст. колл.}}$
 $E = \frac{k q}{R_1^2}$; $W_{\text{эл. ст. колл.}} = \frac{k q^2}{R_1^2} \cdot d = q q$
 $q = \frac{q R_1^2}{k d}$
 $E = \frac{k q R_1^2}{k d R_1^2} = \frac{k q}{k d} = \frac{q}{d}$
 $F_{\text{эл. ст. колл.}} = \frac{q R_1^2}{k d}$; $\frac{q}{d} = \frac{q^2 R_1^2}{k d^2}$

$$v = \sqrt{\frac{2(R_2 - R_1)}{m} \cdot F_{\text{эл. ст. колл.}}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 d}{m} \cdot \frac{q^2 R_1^2}{k d^2}} = q R_1 \sqrt{\frac{2}{m k d}} \quad \text{①}$$

$$\text{② } q R_1 \sqrt{\frac{2}{m k (R_2 - R_1)}} = v$$

$$v = \frac{10^4 \text{ В} \cdot 0,05 \text{ м} \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{15 \cdot 10^{-6} \text{ м} \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot 0,07 \text{ м}}} \approx 7,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $7,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

5)

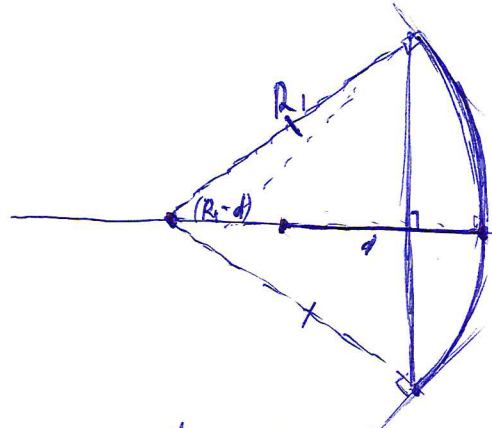


Дано:

$R_1 = 0,6 \text{ м}$
 $d = 0,25 \text{ м}$
 $n = 1,5$

$\Gamma = ?$
 $t = ?$

Решение:



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D$$

(формула тонкой линзы)

$$\Gamma = \frac{H}{|d|} = \frac{h_{\text{изображ.}}}{H_{\text{предмета}}}$$

(увеличение линзы)

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n - \text{закон преломления.}$$