

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

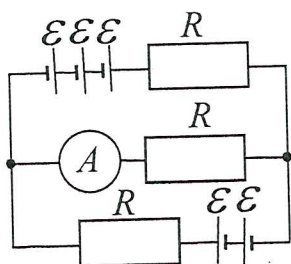
Вариант №1.



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°C в качестве холодильника и воду при 100°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 $R_2 = 12\text{ см}$.

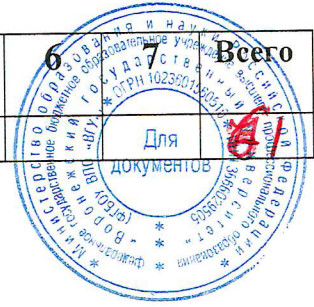
Задание 5 (25 баллов): Выпуклая сторона плосковыпуклой линзы с радиусом кривизны $R_1 = 60\text{ см}$ посеребрена, в результате чего получилось своеобразное вогнутое зеркало. Перед этим зеркалом на расстоянии $d = 25\text{ см}$ от него помещен предмет. Найти расстояние от зеркала до изображения и увеличение,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



Олимпиада школьников
**Звезда - таланты
на службе обороны
и безопасности**

Шифр **36-11-12**

Задание	1	2	3	4	5	6	7	Всего
Баллы	15	10	4	20	10		Для	41



№ 1.



Дано:

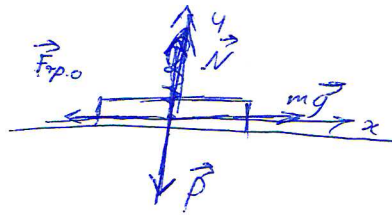
$u, U, m,$

P, S

$K = ?$

Решение:

Силы, действующие на газету:



3-ий з-Ньютона

$$m\vec{g} + \vec{F}_{\rho 0} + \vec{P} = 0$$

$$\begin{cases} O_x: mg = F_{\rho 0} \\ O_y: P = N \end{cases}$$

$$F_{\rho 0} = kN = kP$$

$$mg = kP$$

15

$$k = \frac{mg}{P}$$

P - сила давления на газету

$P = \Delta p S$, где p - ^{избыточное} давление на газету за счет ветра

Закон Бернулли:

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho g h + p = const$$

$\rho g h = const$ в зазоре

Плотность ($u, v = 0$)

$$\rho_0 = const$$

$u + U$ - скорость воздуха

Относительно автомобиля

Движение

$$\frac{\rho(u+U)^2}{2} + p' = const$$

$$\frac{\rho(u+U)^2}{2} + p' = \rho_0$$

$$\frac{\rho(u+U)^2}{2} = \Delta p$$

$$\frac{\rho(u+U)^2}{2} = \rho_0 - p'$$

$$p = \frac{\rho S(u+U)^2}{2}$$

$$k = \frac{2mg}{\rho S(u+U)^2}$$

Ответ: $k = \frac{2mg}{\rho S(u+U)^2}$

~ 2.



Дано:

Решение:

~~МН/РМ/МН~~

Обратный цикл Карно:

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

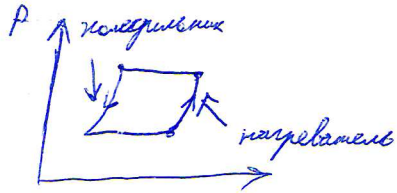
$$T_n = 100^\circ\text{C} = 373\text{K}$$

$$m_n = 500\text{г} = 0,5\text{кг}$$

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

$$\beta = 3,35 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}$$

$m_x = ?$



(2)

КПД обратного цикла Карно:

$$\eta = \frac{Q_n}{T_n - T_x} = \frac{Q_n}{Q_n - Q_x}$$

$$\eta = \frac{|T_x - T_n|}{T_x} = \frac{|Q_x - Q_n|}{Q_x}$$

$$\frac{T_x - T_n}{T_x} = 1 - \frac{Q_n}{Q_x}$$

$$\frac{Q_n}{Q_x} = 1 - \frac{|T_x - T_n|}{T_x}$$

$$Q_n = r m_n$$

$$\frac{r m_n}{\beta m_x} = 1 - \frac{|T_x - T_n|}{T_x}$$

$$Q_x = \beta m_x$$

$$m_n = \frac{\beta m_x (1 - \frac{|T_x - T_n|}{T_x})}{r} \quad m_n = \frac{3,35 \cdot 10^5 \cdot 0,5 (1 - \frac{|273 - 373|}{273})}{2,26 \cdot 10^6}$$

$$= \frac{3,35 \cdot 10^5 \cdot 0,5 \cdot 0,63}{2,26 \cdot 10^6} = \frac{1,06 \cdot 10^5}{2,26 \cdot 10^6} \approx 0,047\text{кг} = 47\text{г}$$

$$m_x = \frac{r m_n}{\beta (1 - \frac{|T_x - T_n|}{T_x})}$$

$$m_x = \frac{2,26 \cdot 10^6 \cdot 0,5}{3,35 \cdot 10^5 \cdot 0,63} = \frac{11,3 \cdot 10^5}{2,11 \cdot 10^5} \approx 5,355\text{кг} = 5\text{кг } 355\text{г}$$

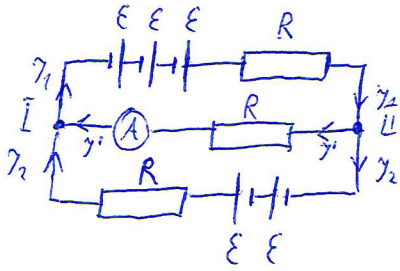
Ответ: 47 г.

Ответ: $\approx 5\text{кг } 355\text{г}$.

Дано:

$$\mathcal{E} = 1,5 \text{ В}$$

$$R = 10 \text{ Ом}$$



$\gamma_1 = ?$

Тема: _____

на участке 1:



$$\mathcal{E}_0 = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 = 4,5 \text{ В}$$

$$\gamma_1 = \frac{\mathcal{E}_0}{R} \Rightarrow \gamma_1 = \frac{4,5}{10} = 0,45 \text{ А}$$

на участке 2:



$$\mathcal{E}_0 = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = 3 \text{ В}$$

$$\gamma_2 = \frac{\mathcal{E}_0}{R} \quad \gamma_2 = \frac{3}{10} = 0,3 \text{ А}$$

1-й з. Кирхгофа для узла I

$$\gamma_2 + \gamma' = \gamma_1$$

1-й з. Кирхгофа для узла II

$$\gamma_1 = \gamma' + \gamma_2$$

$$\gamma' = \gamma_1 - \gamma_2 \quad \gamma' = 0,15 \text{ А}$$

ответ: 0,15 А.



н ч.



Дано:

$$R_1 = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$$

$$m = 0,025 \text{ г} = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ г}$$

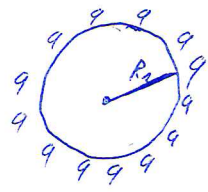
$$\varphi_{\text{из}} = 10 \text{ кВ} = 10^4 \text{ В} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

$$R_2 = 12 \text{ см} = 0,12 \text{ м}$$

$v = ?$

Решение:

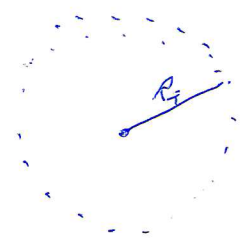
В момент достижения $\varphi_{\text{из}}$:



Шар обладает энергией

$$E = E_{\text{п.}} = \frac{Kq^2}{R_2} = q\varphi_{\text{из}} = \varphi_{\text{из}} \cdot \frac{Kq}{r} \quad q = \frac{R_2 \varphi_{\text{из}}}{K}$$

В момент разлёта:



Полная энергия одной частицы:

$$E_0 = E_{\text{п.}} + E_{\text{к.}} = \frac{Kq^2}{R_2} + \frac{m_0 v^2}{2} \approx 5$$

Полная энергия всех частиц:

$$\begin{cases} q = Nq_0 \text{ (закон сохр. заряда)} \\ m = Nm_0 \text{ (масса сохранилась)} \\ E = \frac{NKq_0^2}{R_2} + \frac{Nm_0 v^2}{2} = \frac{Kq^2}{R_2} + \frac{m v^2}{2} \end{cases}$$

Приравняем энергии:

$$\frac{R_1 \varphi_{\text{из}}^2}{K} = \frac{R_1^2 \varphi_{\text{из}}^2}{KR_2} + \frac{m v^2}{2}$$

$$\frac{m v^2}{2} = \frac{R_2 R_1 \varphi_{\text{из}}^2 - R_1^2 \varphi_{\text{из}}^2}{KR_2}$$

$$\frac{m v^2}{2} = \frac{R_1^2 \varphi_{\text{из}}^2 (R_2 - R_1)}{KR_2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 R_1^2 \varphi_{\text{из}}^2 (R_2 - R_1)}{m K R_2}} \quad v = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,05 \cdot 10^8 (0,12 - 0,05)}{2,5 \cdot 10^{-8} \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 0,12}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,007 \cdot 10^8}{1,62 \cdot 10^4}} =$$

$$= \sqrt{\frac{70}{1,62}} = \sqrt{43,2} \approx 6,6 \text{ м/с}$$

$$= \sqrt{\frac{0,007 \cdot 10^8}{1,62 \cdot 10^4}} = \sqrt{\frac{0,4 \cdot 10^4}{1,62 \cdot 10^4}}$$



Дано:

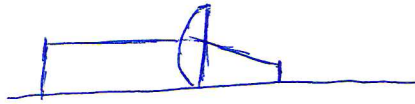
$$R_1 = 60 \text{ см} = 0,6 \text{ м}$$

$$d = 25 \text{ см} = 0,25 \text{ м}$$

$$n = 1,5$$

$f = ?$

Решение:



Формула тонкой линзы:

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

Оптическая сила линзы равна:

$$D = \left(\frac{n_1}{n_2} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$\frac{250}{178}$

Вторая сторона линзы - плоская

$$R_2 \rightarrow \infty, \quad \frac{1}{R_2} \rightarrow 0$$

Значит $n_2 = 1$

$$D = \left(\frac{n_1}{1} - 1 \right) \frac{1}{R_1}$$

n - показатель преломления воздуха ($= 1$)

$$\frac{1}{R_1} (n_1 - 1) = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{R_1} (n_1 - 1) - \frac{1}{d}$$

$$f = \frac{1}{\frac{n_1 - 1}{R_1} - \frac{1}{d}}$$

$$f = \frac{1}{\frac{0,5}{0,6} - \frac{1}{0,25}} = \frac{1}{\frac{1}{0,6 \cdot 2} - \frac{1}{0,25}} = \frac{1}{\frac{0,018}{0,178}} = \frac{0,178}{0,018} = \frac{18}{178} \approx 0,1 \text{ м} = 10 \text{ см}$$

$$K = \frac{0,1}{0,25} = 0,4$$

Ответ: 10 см, 0,4