

61-02-11-284

Олимпиада школьников

«Звезда – Talанты на службе обороны и безопасности» по физике  
2014/2015уч.г.

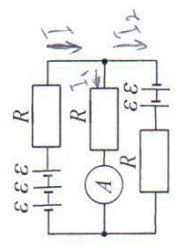
11 класс

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  $\rho$ , площадь газеты  $S$ , скорость ветра  $v$ ? Трением воздуха о газету пренебречь.

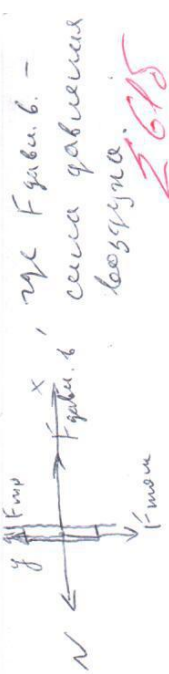
**Задание 2 (15 баллов):** Идеальная тепловая машина Карно, цикл которой совершается в обратном направлении (холодильная машина), использует воду при  $0^\circ\text{C}$  в качестве холодильника и воду при  $100^\circ\text{C}$  в качестве нагревателя. Сколько воды нужно заморозить в холодильнике, чтобы превратить в пар  $500\text{ г}$  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 эд.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  $n = 1,5$ .



Решение:  
 $u, m, \rho, S, v$   
 $k = ?$

Лист для ответов

1) Т.к. газета удерживается на стекле, т.е. находится в покое, значит, по I закону Ньютона:  
 $F_{mp} + F_{гравит} + N = 0$ . Ма об  $x$ :  $F_{гравит} = mg$ ; по ось  $y$ :

$F_{mp} = F_{гравит}$ , где  $F_{mp} = kv$ , а  $F_{гравит} = mg$ , то есть  $kv = mg$ . Мо или очевидно, что  $n = F_{гравит} / F_{гравит}$ , тогда  $k = \frac{mg}{F_{гравит}}$  (1)

2) Мы хотим измерить силу давления воздуха: рассмотрим маленький воздушного потока,  $\rho = F_{ид} / S = \rho m(u+v)$ , с угловой скоростью,  $\rho = m \omega$ , где  $\omega = u + v$ ; т.к. автомобиль едет навстречу ветру, иная скорость  $\omega$  не считаемся, а  $m = \rho V$ , где  $V$  воздуха будет равно объему, выходящему из цилиндра  $S \cdot \omega$  за время  $t$ . Т.е.:  $m = \rho S \omega t \cdot \omega$

Площадь  $S$  и скорость:  $\rho = \rho S \omega t (u+v)$ . Т.к.  $\rho = \rho$ , то  $F_{гравит} = \rho S \omega t (u+v) \Rightarrow F_{гравит} = \rho S (u+v) \cdot \omega$

3)  $k = \frac{mg}{\rho S (u+v)^2}$ . Объем:  $\frac{mg}{\rho S (u+v)^2}$

Решение:  
1) Т.к. плосковыпуклом и вогнутом и карно-образованне:  $Q_1 = m_1 \varepsilon$ ;  $Q_2 = m_2 \varepsilon$ .  
2) Т.к. это идеальная машина, то  $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ , т.е.  $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$

$T_1 = 100^\circ\text{C} + 273 = 373\text{ K}$ ;  $T_2 = 273\text{ K}$ , тогда  $\frac{m_1 \varepsilon}{m_2 \varepsilon} = \frac{T_1}{T_2}$ ;  $m_2 = \frac{m_1 T_2}{T_1} = \frac{0,5 \text{ кг} \cdot 273 \text{ К}}{373 \text{ К}} = 0,365 \text{ кг}$

$= 2,47 \text{ кг}$ .  
Объем:  $2,47 \text{ кг}$

158

в3. Дано:  
 $\xi_1 = 1,5 B$   
 $R = 10 \text{ Ом}$   
 $I = ?$

Решение:  
 1) Сначала находим  $I$  по формуле О.Т.е.  $I = I_1 - I_2 \Rightarrow$   
 $I_1 = I + I_2$   
 2) Находим  $I_2$  по закону сохранения энергии:

$3\xi_1 = I_1 R + I_2 R$ , т.к. сумма ЭДС по замкнутому контуру равна сумме падений напряжений.  
 $\xi_1 = I R + I_2 R$   
 $I_2 = \frac{\xi_1 - I R}{R}$   
 3) Аналогично для цепи с  $\xi_2$  и  $I_2$ , где  $\xi_2 = I R + I_2 R$   
 $I_2 = \frac{\xi_2 - I R}{R}$

$$I = \frac{3\xi_1 - \xi_2}{2R} = \frac{3 \cdot 1,5 - 2}{2 \cdot 10} = 0,125 \text{ А}$$

Ответ:  $0,125 \text{ А}$

в4. Дано:  
 $R_1 = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$   
 $R_2 = 12 \cdot 10^{-2} \text{ м}$   
 $\xi_1 = 10^4 \text{ В}$   
 $m = 15 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$   
 $I = ?$

Решение:  
 По закону сохранения энергии:  
 $W_{ЭП} = W_{ЭП, R_2} + E_k$   
 $\frac{q \xi_1}{I} = \frac{q \xi_2}{I} + \frac{m v^2}{2}$   
 $\xi_1 - \xi_2 = \frac{m v^2 I}{2 q}$   
 $I = \frac{2 q (\xi_1 - \xi_2)}{m v^2}$

1) Аналогично для цепи с  $\xi_2$  и  $I_2$ , где  $\xi_2 = I R + I_2 R$   
 $I_2 = \frac{\xi_2 - I R}{R}$   
 2) По закону сохранения энергии:  
 $W_{ЭП} = W_{ЭП, R_1} + W_{ЭП, R_2} + E_k$   
 $\frac{q \xi_1}{I} = \frac{q \xi_2}{I} + \frac{q \xi_1}{I} + \frac{m v^2}{2}$   
 $\xi_1 - \xi_2 = \frac{m v^2 I}{2 q}$   
 $I = \frac{2 q (\xi_1 - \xi_2)}{m v^2}$

$$\frac{R_1 \xi_1^2}{2k} = \frac{q_1^2 R_1^2}{R_2 \cdot 2k} + \frac{m v^2}{2}$$

$$R_1 R_2 \xi_1^2 - q_1^2 R_1^2 = m v^2 R_2 k; \quad v = q_1 \sqrt{\frac{R_1 (R_2 - R_1)}{R_2 m k}}$$

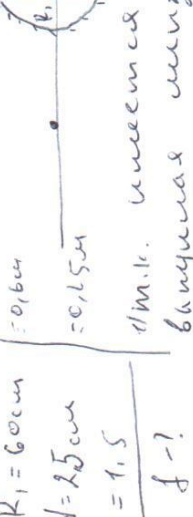
$$v = 10^4 \text{ В} \cdot \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-2} \text{ м} (12 \cdot 10^{-2} \text{ м} - 5 \cdot 10^{-2} \text{ м})}{12 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot 15 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2}}$$

$$= q_1 \sqrt{\frac{R_1}{m k} \left(1 - \frac{R_1}{R_2}\right)} = 10^4 \text{ В} \cdot \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{15 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2}}$$

$$\times \left(1 - \frac{5 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{12 \cdot 10^{-2} \text{ м}}\right) = 4,74 \text{ В} \cdot \text{с} \quad 258$$

Ответ:  $4,74 \text{ В} \cdot \text{с}$

в5. Дано:  $R_1 = 60 \text{ Ом}$ ,  $d = 2,5 \text{ см}$ ,  $n = 1,5$



Решение:  
 $R_1 = 60 \text{ Ом}$   
 $d = 2,5 \text{ см}$   
 $n = 1,5$   
 $f = ?$   
 По формуле линзы:  
 $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$   
 $f = \frac{d}{n - 1} = \frac{2,5 \text{ см}}{1,5 - 1} = 5 \text{ см}$

в6. Дано:  
 $R_1 = 10 \text{ Ом}$   
 $R_2 = 20 \text{ Ом}$   
 $\xi_1 = 10 \text{ В}$   
 $\xi_2 = 20 \text{ В}$   
 $I = ?$

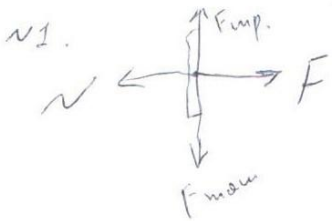
Решение:  
 По закону сохранения энергии:  
 $W_{ЭП} = W_{ЭП, R_1} + W_{ЭП, R_2} + E_k$   
 $\frac{q \xi_1}{I} = \frac{q \xi_2}{I} + \frac{q \xi_1}{I} + \frac{m v^2}{2}$   
 $\xi_1 - \xi_2 = \frac{m v^2 I}{2 q}$   
 $I = \frac{2 q (\xi_1 - \xi_2)}{m v^2}$

$$I = \frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot (10 \text{ В} - 20 \text{ В})}{9 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot (10^4 \text{ м/с})^2} = -1,11 \text{ А}$$

Ответ:  $-1,11 \text{ А}$

в7. Дано:  $R_1 = 10 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 20 \text{ Ом}$ ,  $\xi_1 = 10 \text{ В}$ ,  $\xi_2 = 20 \text{ В}$

Решение:  
 По закону сохранения энергии:  
 $W_{ЭП} = W_{ЭП, R_1} + W_{ЭП, R_2} + E_k$   
 $\frac{q \xi_1}{I} = \frac{q \xi_2}{I} + \frac{q \xi_1}{I} + \frac{m v^2}{2}$   
 $\xi_1 - \xi_2 = \frac{m v^2 I}{2 q}$   
 $I = \frac{2 q (\xi_1 - \xi_2)}{m v^2}$



$\mu$  - скорость масса  
 $v$  - скорость ветра

$$\vec{v} + \vec{F}_{mfp} + \vec{F} + \vec{F}_{maw} = 0$$

ось x, ось y

Шифр  
61.02-11-284



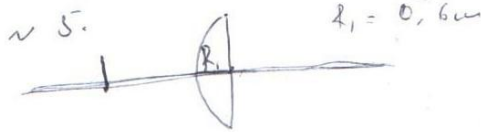
$\nu 2. t_0 = 0.02 \quad t = 100^\circ \text{C}$

$m = 0.5 \text{ кг}, \quad \gamma = 2.26 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}, \quad \lambda = 3.35 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$

$$\lambda m_1 = m_2 \gamma$$

$$m_1 = \frac{m_2 \gamma}{\lambda} = \frac{0.5 \text{ кг} \cdot 2.26 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}}{3.35 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}} = 3.373 \text{ кг}$$

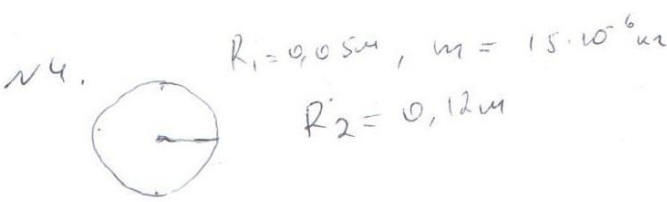
~~$3\epsilon - 2\epsilon = \epsilon$   
 $I = \frac{\epsilon}{R_{\text{номинал}}} = \frac{1.5 \text{ В}}{10 \text{ Ом}} = 0.15 \text{ А}$~~



~~$2I_2 R = 3\epsilon - 2I_2 R$   
 $I_2 R = 3\epsilon - 2I_2 R$   
 $3\epsilon = I_2 R + 2(I_2 R) = 3I_2 R$   
 $I_2 = \epsilon / R$~~

$F_{mfp} = k \cdot N, \quad N = F$   
 $kN = mg$   
 $k = \frac{mg}{F}$

$Ft = 2m(U + \sigma)$   
 $m = \rho V = \rho S(U + \sigma)t$   
 масса воздуха, попавшего



$\varphi = 10 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$   
 $A = \varphi q$

уравн 24С:  $\sum I_n R_n$

$I = I_1 - I_2; \quad I_1 = I + I_2, \quad V_{\text{мощность}} \text{ гусь}$

$$3\epsilon = I_1 R + I_2 R$$

или берем:  $3\epsilon = 2\epsilon = I_1 R + I_2 R$

$$\begin{cases} I_1 = I + I_2 \\ 3\epsilon = I_1 R + I_2 R \\ \epsilon = I_1 R + I_2 R \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3\epsilon = (I + I_2)R + I_2 R \\ 3\epsilon = IR + I_2 R + I_2 R \\ \epsilon = (I + I_2)R + I_2 R \end{cases}$$

$$\begin{aligned} 3IR + 6I_2 R &= 2IR + I_2 R \\ IR &= -5I_2 R \\ I &= -5I_2 \end{aligned}$$

$$\begin{cases} 3\epsilon = 2IR + I_2 R \\ \epsilon = IR + 2I_2 R \end{cases}$$

$$I_2 = -\frac{3\epsilon}{8R}$$

$5\epsilon = 4IR$   
 $I = \frac{5\epsilon}{4R}$

$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$

$$q_1 = q_2 \Rightarrow \frac{q_1 R_1}{k} = \frac{q_2 R_2}{k}$$

Given:  
 $R_1 = 9.05 \Omega$   
 $m = 15 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$   
 $R_2 = 12 \cdot 10^{-3} \Omega$   
 $\varphi = 10^4 \text{ V}$

$$= \sqrt{R_1 R_2} \varphi$$

$$\Delta \varphi = \Delta I R + I \Delta R$$

$$\epsilon = I R + I \Delta R$$

$$\frac{\Delta \varphi \cdot c^2 k_2^2}{\mu \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \mu \cdot \mu^2} =$$

$$\frac{R_1 \varphi_1^2 R_1 - \varphi_1^2 R_1 R_2}{R_2 m k}$$

$$\varphi_2 = \frac{\varphi_1 R_1}{R_2}$$

$$U = \sqrt{\frac{\varphi_1^2 R_1 \cdot \varphi_2^2 R_2}{m k}}$$

$$\frac{\varphi_2 (R_1 - R_2)}{m k} = 10^4 \sqrt{\frac{10^{-2} \cdot 7}{15 \cdot 10^{-6} \cdot 9 \cdot 10^4}}$$

$$\frac{R_1 \varphi_2}{\Delta k} = \frac{m \Delta v}{2} + \frac{R_2 \varphi_2}{2 k}$$

$$R_1 \varphi_2 = m \Delta v k + R_2 \varphi_2$$

$$\varphi = \frac{k \Delta v}{R_1} \Rightarrow \Delta v = \frac{R_1 \varphi}{k}$$

$$k_2 \cdot \mu \cdot \mu^2 \cdot \mu^2 = \frac{k_2 \cdot \mu \cdot \mu^2 \cdot \mu^2}{c^2 \cdot k_2 \cdot \mu^2 \cdot \mu^2} = \frac{\mu}{c}$$

$$\varphi_1 \sqrt{\frac{R_2 R_1 - R_1^2}{R_2 m k}} = \frac{\mu}{c}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{(n-1)} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\frac{k_2 \cdot \mu \cdot \mu^3 \cdot c^2}{c^2 \cdot k_2 \cdot \mu^2 \cdot \mu^2} = k!$$

$$\varphi_1 \sqrt{\frac{R_1}{m k} \left( 1 - \frac{R_1}{R_2} \right)}$$

$$= 10^4 \cdot 10^{-4} \Rightarrow 1 \text{ m/s}$$

$$= 10^4 \cdot 0.1072 \cdot 10^{-2} = 107.2 \text{ m/s}$$

$$W_{\text{av. max}} = \frac{q \varphi}{2} = \frac{R_1 \varphi^2}{2 k}$$

$$W_{\text{av. max}} = \frac{R_2 \varphi^2}{2 k} = 7.2 \text{ mJ/c}$$