

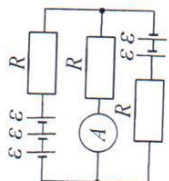
Олимпиада школьников
«Звезда – Таланты на службе обороны и безопасности» по физике
2014/2015 уч.г.

11 класс
Вариант №1.

Задание 1 (20 баллов): На вертикальном ветровом стекле автомобиля, едущего со скоростью u , давлением ветренного 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.

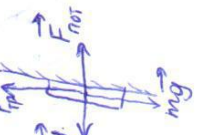


Задание 4 (25 баллов): Тонкой сферической оболочке радиусом $R_1 = 5\text{ см}$ и массой $m = 0,015\text{ г}$ сообщают заряд до тех пор, пока при достижении потенциала $\varphi = 10\text{ кВ}$ оболочка не разлетится на мелкие осколки вследствие электростатического отталкивания ее частей. Найти скорость 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 $n = 1,5$.

Лист для ответов

№1. Дано: Решение: рассмотрим сил, действующих на газету:
 $u, m, S, v, k, ?$
Троекоси сил на оси Ox и Oy :



$Ox: F_{\text{пот}} = N$, где $F_{\text{пот}}$ - сила возд. потока,
 $Oy: F_{\text{тр}} = mg$
Т.к. $F_{\text{тр}} = kN$, то $k = \frac{mg}{N}$
 $k = \frac{mg}{F_{\text{пот}}}$ (1)

По II закону Ньютона: $F_{\text{пот}}at = \Delta p$, где Δp - изменение импульса
напорной линии воздуха $m'v'$:
 $m'v' = \rho S(v+u)at$
 $\Delta p = p_2 - p_1$
 $\Delta p = \rho_2 - \rho_1 = m(u+v) = 2m'v' = 2\rho S v a t (u+v)$
 $F_{\text{пот}} at = 2\rho S v a t (u+v)$
 $F_{\text{пот}} = 2\rho S v (u+v)$ (2)

85

(2) \rightarrow (1): $k = \frac{mg}{2\rho S v (u+v)}$
Ответ: $k = \frac{mg}{2\rho S v (u+v)}$

№2. Дано:

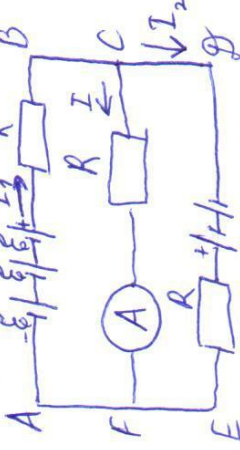
$T_2 = 0^\circ\text{C}$	Сил:	Движение: для идеальной тепловой машины
$T_1 = 100^\circ\text{C}$	273K	точно справедливо: $\lambda = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2} = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$
$m_1 = 500\text{ г}$	373K	$\frac{Q_2 - Q_1}{Q_2} = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$
$\lambda = 3,35 \cdot 10^5\text{ Дж/кг}$	0,5 кг	$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$ (1)
$m_2 = ?$		$Q_2 = \lambda m_2 - \text{кал-во теплоты, отобранное холодильником}$ (2)
		$Q_1 = \Gamma m_1 - \text{кал-во теплоты, падающее на серебристую}$ (3)

(2), (3) \rightarrow (1): $\lambda \frac{m_2}{\Gamma m_1} = \frac{T_2}{T_1}$

$$m_2 = \frac{\Gamma m_1 T_2}{\lambda T_1}$$

$$m_2 = \frac{0,5 \cdot 2,26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} \cdot 2,73 \text{ К}}{3,35 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} \cdot 373 \text{ К}} = 2,47 \text{ Кл}$$

Объем: $m_2 = 2,47 \text{ Кл}$



По правилу Кирхгофа в контуре ABCFE: $\begin{cases} 3\xi = I_1 R + I_2 R \\ 3\xi + 2\xi = I_1 R + I_2 R \\ I_1 = I + I_2 \end{cases}$

$$\begin{cases} 3\xi = I_2 R + IR + IR \\ 5\xi = I_2 R + IR + I_2 R \\ I_2 R = 3\xi - 2IR \\ 5\xi = 2(3\xi - 2IR) + IR \\ 3IR = \xi \\ I = \frac{\xi}{3R} \\ I = \frac{1,5 \text{ В}}{3 \cdot 10 \text{ Ом}} = 0,05 \text{ А} \end{cases}$$

Объем: $I = 0,05 \text{ А}$

N4. Дано: $R_1 = 5 \text{ см}$, $m = 0,0152$, $\varphi = 10 \text{ с/В}$, $R_2 = 12 \text{ см}$, $n-?$

Решить: по закону сохранения энергии.
 $W_{эл} = W_{эл}' + E_k$ (1), где $W_{эл} = \frac{q\varphi}{2}$ (2) — начальная энергия зарядов сферы.
 Суммарная кинетическая энергия осколков:
 $E_k = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} + \dots + \frac{m_n v_n^2}{2}$
 Полагая, что $v_1 = v_2 = \dots = v_n$, получим:
 $E_k = \frac{v^2}{2} (m_1 + m_2 + \dots + m_n) = \frac{m v^2}{2}$ (3)

Потак как заряд сохраняется, то $q = q'$

$$W_{эл}' = \frac{q\varphi}{2}$$

Потак как заряд сохраняется, то $q = q'$

$$q = \frac{\varphi R_1}{k}$$

Потак как заряд сохраняется, то $\frac{\varphi R_1}{k} = \frac{\varphi R_2}{k}$ (5)

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

$$W_{эл}' = \frac{\varphi_1 R_1}{R_2} \cdot \frac{\varphi_1 R_1}{2k} = \frac{\varphi_1^2 R_1^2}{2k R_2}$$
 (6)

(3), (5), (6) → (4): $\frac{\varphi_1 R_1}{2k} = \frac{\varphi_1^2 R_1^2}{2k R_1} + \frac{m v^2}{2}$

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

$$v = \sqrt{\frac{\varphi_1^2 R_1^2 - \frac{\varphi_1^2 R_1^2}{k R_2}}{m}} = \varphi_1 \sqrt{\frac{R_2}{mk} \left(1 - \frac{R_1}{R_2}\right)}$$

$$v = 10^4 \text{ В} \cdot \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{15 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}^2}} \left(1 - \frac{5 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{12 \cdot 10^{-2} \text{ м}}\right)} = 4,65 \text{ м/с}$$

Объем: $v = 4,65 \text{ м/с}$

N5. Дано: $R = 0,6 \text{ м}$, $d = 25 \text{ см}$, $n = 1,5$, $f = ?$, $\Gamma = ?$

1) $\frac{I}{F} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$
 Так как луча много-лучевая, то $R_2 = \infty$
 $\frac{I}{F} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + 0 \right) = (n-1) \frac{1}{R_1}$ (7)

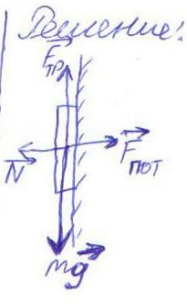
2) Для сферического зеркала фокусное расстояние: $F = \frac{R_2}{2}$ (2)

3) Рассматривая данную линзу как оптическую систему и учитывая, что свет, отразившись от зеркала, через линзу пройдет дважды, найдем её фокусное расстояние: $F = \frac{1}{D}$, где D — оптическая сила линзы,
 $D = \frac{n-1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{n-1}{R} = \frac{2n-1}{R}$
 $F = \frac{R}{2n-1} = \frac{0,6 \text{ м}}{2 \cdot 1,5 - 1} = 0,2 \text{ м}$

4) Два зеркала: $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$
 $\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}$
 $f = \frac{0,25 \text{ м} \cdot 0,2 \text{ м}}{0,25 \text{ м} - 0,2 \text{ м}} = \frac{0,05 \text{ м}}{0,05} = 1 \text{ м}$

5) Увеличение: $\Gamma = \frac{f}{d}$; $\Gamma = \frac{1 \text{ м}}{0,25 \text{ м}} = 4$
 Объем: $f = 1 \text{ м}$; $\Gamma = 4$

N1. Дано:
 u
 m
 ρ
 S
 v
 k - ?



Решение:
 $Oy: F_{rip} = mg$
 $Ox: F_{пот} = N$, где $F_{пот}$ - сила воздушной струи, действующая на стержень.
 ~~$\rho_1 \Delta t = \Delta p$~~
 ~~$\Delta p = p_2 - p_1$~~
 ~~$\Delta p = \rho_2 v_2 - \rho_1 v_1 = m(u+v) - (u-v) = 2mv$~~

Шифр
 61-02-11-285



Ит.к. $F_{rip} = kN$, то $N = \frac{mg}{k}$

$$F_{пот} = \frac{mg}{k}$$

$$k = \frac{mg}{F_{пот}} \quad (1)$$

По II з. Фойсн. $F_{пот} \Delta t = \Delta p$, где Δp - изменение импульса некоторой массы воздуха m'

$$m' = \rho V = \rho S (v+u) \Delta t$$

$$\Delta p = p_2 - p_1 = m(u+v) - (u-v) = 2m'v = 2\rho S v \Delta t (v+u)$$

$$F_{пот} \Delta t = 2\rho S v \Delta t (v+u)$$

$$F_{пот} = 2\rho S v (v+u) \quad (2)$$

(2) \rightarrow (1): $k = \frac{mg}{2\rho S v (v+u)}$

N2. Дано:
 $T_2 = 0^\circ C = 273K$
 $T_1 = 100^\circ C = 373K$
 $m_2 = 500g = 0,5kg$
 $r = 2,26 \cdot 10^6 \frac{Дж}{кг}$
 $\lambda = 3,35 \cdot 10^5 \frac{Дж}{кг \cdot K}$
 m_2 - ?

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

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

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad (1)$$

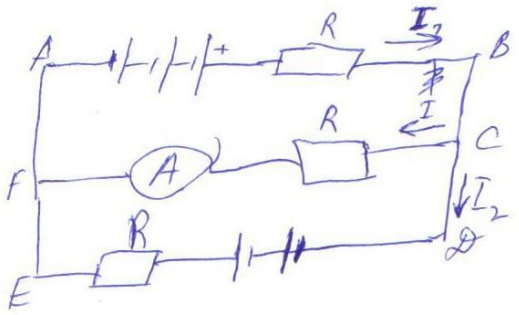
$Q_2 = \lambda m_2$ - кол-во теплоты газа, отобр. холодильником
 $Q_1 = r m_2$ - кол-во m_2 пар.

$$\frac{\lambda m_2}{r m_2} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$m_2 = \frac{m_1 r T_2}{\lambda T_1}$$

$$m_2 = \frac{0,5kg \cdot 2,26 \cdot 10^6 \frac{Дж}{кг} \cdot 273K}{3,35 \cdot 10^5 \frac{Дж}{кг \cdot K} \cdot 373K} = 2,44kg$$

N3.
 Дано:
 $\mathcal{E} = 1,5B$
 $R = 10 \text{ Ом}$
 $r = 0 \text{ Ом}$
 I - ?



По 1-му закону Кирхгофа в контурах ABCF и ABDE:
 $\mathcal{E} = I_1 R + I_2 R$
 $3\mathcal{E} + 2\mathcal{E} = I_1 R + I_2 R$
 $I_1 R = I + I_2$
 $3\mathcal{E} = I_2 R + I R + I R$
 $5\mathcal{E} = I_2 R + I R + I_2 R$
 $I_2 R = 3\mathcal{E} - 2I R$
 $5\mathcal{E} = 2(3\mathcal{E} - 2I R) + I R$
 $3I R = \mathcal{E}$
 $I = \frac{\mathcal{E}}{3R} = \frac{1,5B}{3 \cdot 10 \text{ Ом}} = 0,05A$

N4. Дано:
 $R_1 = 0,05 \text{ м}$
 $m = 15 \cdot 10^6 \text{ кг}$
 $\varphi = 10^4 \text{ В/м}$
 $R_2 = 0,12 \text{ м}$
 $n = ?$

Решен: по зорк. соэр. эл: $W_{эл} = W_{эл}' + E_k$ (1), где

$W_{эл} = \frac{q \cdot \varphi_1}{2}$ (2) — нач. эл. зорк. соэр.

Суммарн. кин. эл. соэр: $E_k = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} + \dots + \frac{m_n v_n^2}{2}$

Положив, что $v_1 = v_2 = v_n$, получим: $E_k = \frac{m v^2}{2} (m_1 + m_2 + \dots + m_n) = \frac{m v^2}{2} n$ (3)

$W_{эл}' = \frac{q \varphi_2}{2}$ (4) — кон. эл. зорк. соэр.

Пл.к. зорк. соэр, то $q_1 = q$

$q = \frac{\varphi_1 R_1}{k}$

Положим соэр., $W_{эл} = \frac{\varphi_1^2 R_1^2}{2 R_1} + \frac{\varphi_2^2 R_2^2}{2 R_2}$ (5)

Пл.к. зорк. соэр, то $\frac{\varphi_1 R_1}{k} = \frac{\varphi_2 R_2}{k}$

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

$W_{эл}' = \frac{\varphi_1^2 R_1^2}{2 R_2} = \frac{\varphi_1^2 R_1^2}{2 k R_2}$ (6)

(3), (5), (6) → (1)

$\frac{\varphi_1^2 R_1^2}{2 k} = \frac{\varphi_1^2 R_1^2}{2 k R_2} + \frac{m v^2}{2}$

$m v^2 = \varphi_1^2 R_1^2 \left(1 - \frac{R_1}{R_2} \right)$

$v = \sqrt{\frac{\varphi_1^2 R_1^2 (1 - \frac{R_1}{R_2})}{m}} = \varphi_1 \sqrt{\frac{R_1}{m k} \left(1 - \frac{R_1}{R_2} \right)}$

$v = \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot 10^8}{15 \cdot 10^6 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^8} \left(1 - \frac{5 \cdot 10^{-2}}{12 \cdot 10^{-2}} \right)}$
 $= \sqrt{0,37 \cdot 10^{-6} \cdot 0,47} = \sqrt{0,175} = 0,418 \text{ м/с}$
 $= 4,18 \cdot 10^4 \text{ м/с}$
 $= 43,26 \text{ км/с}$

N5. Дано:
 $R = 0,6 \text{ м}$
 $d = 0,25 \text{ м}$
 $n = 1,5$
 $f = ?$, $F = ?$

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

Пл.к. линза плоско-выпукл, то $R_2 = \infty$

$\frac{1}{F} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + 0 \right) = (n-1) \frac{1}{R}$ (1)

2) Для сферич. зорк. фр.к. расст:

$F_3 = \frac{R_2}{2}$ (2)

3) Расст. данн. линзы как оптич. сист. и узн, что свет, отражившись от зорк., через линзу пройдет фокус, найдим её фр.к. расст: $F = \frac{1}{D}$, где D — опт. сила линзы, $D = \frac{n-1}{R} + \frac{2}{R} + \frac{n-1}{R}$

$F = \frac{2n}{2 \cdot 1,5} = 0,2 \text{ м}$

4) Для зорк. $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}$

$f = \frac{F d}{d - F}$

$f = \frac{0,25 \text{ м} \cdot 0,2 \text{ м}}{0,25 \text{ м} - 0,2 \text{ м}} = \frac{0,05 \text{ м}}{0,05} = 1 \text{ м}$

5) Увеличение: $\Gamma = \frac{F}{d} = \frac{0,2 \text{ м}}{0,25 \text{ м}} = 0,8$

Ответ: $f = 1 \text{ м}$; $\Gamma = 0,8$