

Олимпиада школьников

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

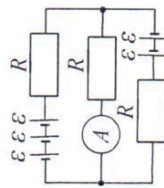
11 класс

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 $\mathcal{E} = 1,5\text{ В}$, $R = 10\text{ Ом}$. Что показывает амперметр? Источники питания и амперметр считать идеальными.



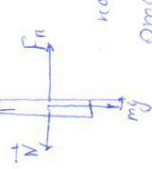
Задание 4 (25 баллов): Тонкой сферической оболочке радиусом $R_1 = 5\text{ см}$ и массой $m = 0,015\text{ г}$ сообщают заряд до тех пор, пока при достижении потенциала $\varphi = 10\text{ кВ}$ оболочка не разлетится на мелкие осколки вследствие электростатического отталкивания ее частей. Найти скорость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

Две проекции на ось Ox и Oy соответственно



$F_{TP} = mg$
 $F_N = N$, где F_N - сила давления воздушного потока на стекло так $F_{TP} = \rho N$, то $mg = k \cdot F_N$
Отсюда $k = \frac{mg}{F_N(v)}$

$F_N \cdot \Delta t = \Delta p$, где Δp - изменение импульса некоторой массы воздуха

$$m \cdot v = \rho \cdot V \cdot v = \rho S (v+u) \Delta t$$

$$\Delta p = \rho S (v+u) \Delta t$$

$$F_N \cdot \Delta t = \rho S (v+u) \Delta t$$

$$F_N = \rho S v (v+u)$$

$$k = \frac{mg}{\rho S v (v+u)}$$

85

$$k = \frac{mg}{\rho S v (v+u)} = \left[\frac{H}{H} \right]$$

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

2. Дано: $T_2 = 273\text{ K}$, $T_1 = 373\text{ K}$, $m = 0,5\text{ кг}$, $\rho = 2,26 \cdot 10^6\text{ Дж/кг}$, $\lambda = 3,35 \cdot 10^5\text{ Дж/кг}$

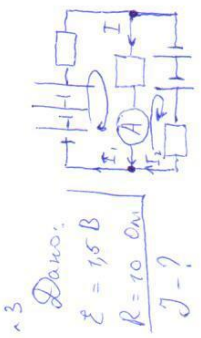
Решение:
 $Q_2 = m \lambda (1)$
 $Q_1 = m r (2)$
 $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$
 $1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

150

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

$$m_2 = \frac{0,5\text{ кг} \cdot 2,26 \cdot 10^6\text{ Дж/кг} \cdot 373\text{ K}}{3,35 \cdot 10^5\text{ Дж/кг} \cdot 273\text{ K}} = 2,47\text{ кг}$$

Ответ: $m_2 = 2,47\text{ кг}$



3
 Дано:
 $\mathcal{E} = 1,5 \text{ В}$
 $R = 10 \text{ Ом}$
 $J = ?$

Две батареи соединены последовательно
 $3\mathcal{E} = J_1 R + J_2 R$
 Две соединены параллельно
 $2\mathcal{E} = J_2 R - J_1 R$
 Две одна
 $J_1 + J_2 = J_1$

$$\begin{cases} 3\mathcal{E} = J_1 R + J_2 R \\ 2\mathcal{E} = J_2 R - J_1 R \\ J_1 + J_2 = J_1 \end{cases}$$

$$3\mathcal{E} = J_2 R + 2\mathcal{E}$$

$$2\mathcal{E} = J_2 R - J_1 R$$

$$\mathcal{E} = 3J_1 R ; J_1 = \frac{\mathcal{E}}{3R}$$

$$J = \frac{1,5 \text{ В}}{30 \text{ Ом}} = 0,05 \text{ А}$$

Ответ: $J = 0,05 \text{ А}$

4
 Дано:
 $R_1 = 5 \text{ Ом}$
 $m = 0,015 \text{ т}$
 $\varphi = 10 \text{ кВ}$
 $R_2 = 12 \text{ Ом}$
 $K = 9 \cdot 10^8 \frac{\text{В} \cdot \text{м}}{\text{Ф}}$
 $\varphi_1 = ?$

Решение:
 По закону сохранения энергии.
 $W_{эл} = W_{эл} + E_{к(1)}$
 $W_{эл} = \frac{q \cdot \varphi_1}{2} + \frac{m v_1^2}{2}$ • начальная энергия
 $E_{к} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} + \dots + \frac{m v_n^2}{2}$ конечная, эво
 $v_1 = v_2 = v_n$
 Консервация $E_{к} = \frac{v^2}{2} (m_1 + m_2 + \dots + m_n) = \frac{m v^2}{2}$ (5)
 $W_{эл} = \frac{q \cdot \varphi_1}{2}$ (4) - конечная энергия заряженной сферы
 Консервация энергии $\varphi_1 = k \frac{q}{R_1} = \varphi_2 = \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot R_2}$
 $W_{эл} = \frac{q \cdot \varphi_1}{2} = \frac{q^2 \cdot R_1}{2k}$ (5)
 $\frac{\varphi_1 \cdot R_1}{k} = \frac{\varphi_2 \cdot R_2}{k}$ $\varphi_2 = \frac{\varphi_1 \cdot R_1}{R_2}$
 $W_{эл} = \frac{q \cdot \varphi_1}{2k} = \frac{q \cdot R_1}{2k R_2} = \frac{q^2 \cdot R_1}{2k R_2}$ (6)
 $\frac{q^2 \cdot R_1}{2k} = \frac{q^2 \cdot R_1}{2k R_2} + \frac{m v^2}{2}$ $m v^2 = \frac{q^2 \cdot R_1}{k} \left(1 - \frac{R_1}{R_2} \right)$

$v = \varphi_1 \sqrt{\frac{R_1}{m \cdot k} \left(1 - \frac{R_1}{R_2} \right)}$
 $v = 10^4 \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot 9 \cdot 10^8}{1,5 \cdot 10^{-5} \cdot 9 \cdot 10^8} \left(1 - \frac{5}{12} \right)}$
 Ответ: $v \approx 4,65 \text{ м/с}$

5
 Дано:
 $d = 25 \text{ см}$
 $n = 1,5$
 $R = 60 \text{ см}$
 $T = ?$
 $f = ?$
 голяное расстояние между
 $\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$ $R_2 = \infty$
 $\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + 0 \right) = \frac{n-1}{R_1}$
 2) $f = \frac{R}{2}$
 3) Две грани оптической системы
 $F = \frac{1}{D}$, где $D = \frac{n-1}{R} + \frac{2}{R} + \frac{n-1}{R} = \frac{2n}{R}$
 $F = \frac{R}{2n}$ $F = \frac{0,6 \text{ м}}{2 \cdot 1,5} = 0,2 \text{ м}$

4) Две зеркала

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d}$$

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

5) Увеличение

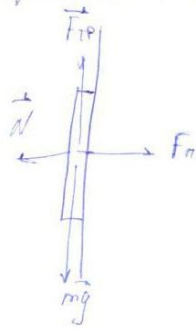
$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{1 \text{ м}}{0,25 \text{ м}} = 4$$

Ответ: $f = 1 \text{ м}$; $\Gamma = 4$

25

1 Дано:
 u
 m
 ρ
 S
 v
 $k - ?$

Рассмотрим силы действующие на лезвие



Шифр
 С1-02-11-286



Для продумки на оси ox и oy получим

$F_{TP} = mg$, $F_n = N$, где F_n - сила давления воздушного потока на стезию
 так $F_{TP} = kN$, то $mg = k - F_n$

отсюда $k = \frac{mg}{F_n(t)}$

$\vec{F}_n \cdot \Delta t = \Delta \vec{p}$, где $\Delta \vec{p}$ - изменение импульса некоторой массы Δm воздуха

$m' = \rho V = \rho S (v+u) \Delta t$
 $\Delta \vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$, $\Delta p = p_2 - p_1 = m(-v+u) - (v+u) = 2mv$

$F_n \cdot \Delta t = 2v \cdot \rho S (v+u) \Delta t$

$F_n = 2\rho S v (v+u)$

$k = \frac{mg}{2\rho S v (v+u)}$ $[k] = \left[\frac{кг \cdot м/с^2}{\frac{кг}{м^3} \cdot м^2 \cdot \frac{м}{с} \cdot \frac{м}{с}} \right] = \left[\frac{Н}{Н} \right]$

2

Дано:
 $T_2 = 273 K$
 $T_1 = 373 K$
 $t_2 = 0^\circ C$
 $t_1 = 100^\circ C$
 $m = 0,5 кг$
 $\rho = 2,26 \cdot 10^5 \frac{Дж}{м^3}$
 $\lambda = 3,35 \cdot 10^5 \frac{Дж}{кг}$
 $m_2 = ?$

CU

Решение:

$Q_2 = m_2 \cdot \lambda$

$Q_1 = m_1 \cdot t$

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

$1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

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

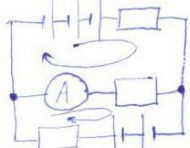
$m_2 = \frac{m_1 \cdot t \cdot T_2}{\lambda \cdot T_1}$

$m_2 = \frac{0,5 кг \cdot 2,26 \cdot 10^5 \frac{Дж}{м^3} \cdot 373 K}{3,35 \cdot 10^5 \frac{Дж}{кг} \cdot 273 K} = 2,47 кг$

Ответ: 2,47 кг

3

Дано:
 $\mathcal{E} = 1,5 В$
 $R = 10 Ом$
 $I = ?$



$\begin{cases} 3\mathcal{E} = I_1 R + IR \\ 2\mathcal{E} = I_2 R - IR \\ I_1 + I_2 = I_1 \end{cases}$

Для верхнего контура

$3\mathcal{E} = I_1 R + IR$

Для нижнего

$2\mathcal{E} = I_2 R - IR$

Для узла

$I_1 + I_2 = I_1$

$3\mathcal{E} = I_2 R + 2IR$

$2\mathcal{E} = I_2 R - IR$

$\mathcal{E} = 3IR$; $I = \frac{\mathcal{E}}{3R}$

$I = \frac{1,5 В}{30 Ом} = 0,05 А$

4

Дано:	СИ.
$R_1 = 5 \text{ см}$	$5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$
$m = 0,0152$	$1,5 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$
$\varphi = 10^4 \text{ В}$	10^4 В
$K = 3 \cdot 10^3 \frac{\text{м.кв.}}{\text{кг}}$	$3 \cdot 10^3 \frac{\text{м.кв.}}{\text{кг}}$
$R_2 = 12 \text{ см}$	$12 \cdot 10^{-2} \text{ м}$
$v = ?$	

Решение:

По закону сохранения

$$W_{эл} = W_{эл}' + E_k(n)$$

где $W_{эл} = \frac{q \cdot \varphi_1}{2}$ начальная энергия

$$E_k = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} + \dots + \frac{m_n v_n^2}{2}, \text{ так как, это } v_1 = v_2 = v_n$$

$$\text{Получим } E_k = \frac{v^2}{2} (m_1 + m_2 + \dots + m_n) = \frac{mv^2}{2} \quad (3)$$

$$W_{эл}' = \frac{q \cdot \varphi_2}{2} \quad (4) \text{ - конечная энергия заряженной сферы}$$

$$\text{Найдём заряд } \varphi_1 = R \frac{q}{R_1} \Rightarrow q = \frac{\varphi_1 \cdot R_1}{R}$$

$$W_{эл} = \frac{\varphi_1^2 R_1}{2R} \quad (5)$$

$$\frac{\varphi_1 \cdot R_1}{R} = \frac{\varphi_2 R_2}{R} \quad \varphi_2 = \frac{\varphi_1 R_1}{R_2}$$

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

$$\frac{\varphi_1^2 R_1}{2R} = \frac{\varphi_1^2 \cdot R_1^2}{2R R_2} + \frac{mv^2}{2} \quad mv^2 = \frac{\varphi_1^2 R_1}{R} \left(1 - \frac{R_1}{R_2}\right)$$

$$v = \varphi_1 \sqrt{\frac{R_1}{mR} \left(1 - \frac{R_1}{R_2}\right)}$$

$$v = 10^4 \text{ В} \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot \text{кг}^2 \left(1 - \frac{5}{12}\right)}{1,5 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot 3 \cdot 10^3 \frac{\text{м.кв.}}{\text{кг}}}} \approx 4,65 \text{ м/с}$$

5.

Дано:

$$d = 25 \text{ см}$$

$$n = 1,5$$

$$R = 60 \text{ см}$$

$$F = ?$$

$$f = ?$$

Формулы расчёта линзы

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

$$\frac{1}{F_0} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + 0\right) = \frac{n-1}{R_1}$$

$$2) F_3 = \frac{R}{2}$$

3) Две гаубы оптической системы

$$F = \frac{1}{D}, \text{ где } D = \frac{n-1}{R} + \frac{2}{R} + \frac{n-1}{R} = \frac{2n}{R}$$

$$F = \frac{R}{2n} \quad F = \frac{0,6 \text{ м}}{2 \cdot 1,5} = 0,2 \text{ м}$$

4) Две зеркала

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

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

5) Измерение

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{1 \text{ м}}{0,25 \text{ м}} = 4$$

Ответ: $f = 1 \text{ м}$, $\Gamma = 4$.