Часть 1

Олимпиада: **Физика, 11 класс (1 часть)**

Шифр: **21200277**

ID профиля: **873055**

Вариант 8

Вариант 11-08

Чистовик

2\.

Дано:

$\alpha = 22{,}5^\circ$

$\beta = 15^\circ$

$C_V = \frac{5}{2}R$

$k = \frac{T_1 - T_2}{T_2}$ - ?

γ - ?

η - ?

1) Из уравнения Менделеева - Клапейрона:

$$PV = \nu RT \Rightarrow \begin{cases} P_1V_1 = \nu RT_1 \\ P_2V_2 = \nu RT_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T_1 = \frac{P_1V_1}{\nu R} \\ T_2 = \frac{P_2V_2}{\nu R} \end{cases}$$

Искомое $k = \frac{T_1 - T_2}{T_2} = \frac{P_1V_1 - P_2V_2}{P_2V_2} = \frac{\frac{P_1}{P_0}\cdot\frac{V_1}{V_0} - \frac{P_2}{P_0}\cdot\frac{V_2}{V_0}}{\frac{P_2}{P_0}\cdot\frac{V_2}{V_0}} = \frac{\cos\alpha\sin\alpha - \sin\beta\cos\beta}{\sin\beta\cdot\cos\beta} =$

$$= \frac{\cos\alpha\sin\alpha}{\cos\beta\sin\beta} - 1 = \frac{\cos(22{,}5^\circ)\cdot\sin(22{,}5^\circ)}{\cos(15^\circ)\cdot\sin(15^\circ)} - 1 \approx \frac{0{,}924\cdot 0{,}383}{0{,}966\cdot 0{,}259} - 1 \approx \boxed{0{,}41}$$

2) Пусть $\left(\frac{P}{P_0}\right) = P_z$; $\frac{V}{V_0} = V_z$, тогда график процесса расширения 1-2 имеет вид:

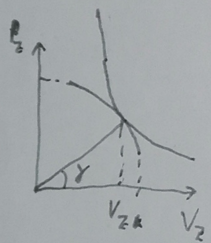
$P_z^2 + V_z^2 = 1$, Поскольку при сжатии газа теплообмен с ОС пренебрежимо мал, то график этого процесса - адиабатический $P_z V_z^\gamma = const$, для двухатомных идеального газа $\gamma = \frac{7}{5} = 1{,}4$, т.е. $P_z V_z^{1{,}4} = const$. Для нахождения точки с 0 теплоёмкостью необходимо найти точку касания окружности и адиабаты, для этого их производные должны быть равны; функции равны

$$\begin{cases} P_z = \frac{const}{V_{zk}^{1{,}4}}; \quad P_z = \sqrt{1 - V_{zk}^2} \\ P_z' = -\frac{1{,}4\, const}{V_{zk}^{2{,}4}}; \quad P_z' = \frac{-2V_{zk}}{2\sqrt{1 - V_{zk}^2}} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} const = V_{zk}^{1{,}4}\sqrt{1 - V_{zk}^2} \\ \frac{V_{zk}}{\sqrt{1 - V_{zk}^2}} = \frac{1{,}4\, V_{zk}^{1{,}4}\sqrt{1 - V_{zk}^2}}{V_{zk}^{2{,}4}} \end{cases} \Rightarrow V_{zk}^2 = 1{,}4(1 - V_{zk}^2) \Rightarrow 2{,}4V_{zk}^2 = 1{,}4$$

$V_{zk}^2 = \frac{1{,}4}{2{,}4} = \frac{14}{24} = \frac{7}{12}$

Из графика $P(V)$:

$$\boxed{\cos\gamma = \frac{V_{zk}}{1} = \sqrt{\frac{7}{12}} \approx 0{,}76}$$



3) $\eta = \frac{A}{Q}$ - КПД цикла

В процессе (2 → 1): $P_z V_z^{1{,}4} = const$, причём:

: $\cos\alpha\sin\alpha = const \approx 0{,}924\cdot 0{,}383 \approx 0{,}354$

$$\boxed{A} = \int_{V_1}^{V_2}(P_{12}(V) - P_{21}(V))\,dV = \int_{V_{12}}^{V_{21}}\left(\sqrt{1 - V_z^2} - \frac{const}{V_z^{1{,}4}}\right)dV =$$

$= \int_{V_{12}}^{V_{21}}(\sqrt{1 - V_z^2})\,dV - \int_{V_{12}}^{V_{21}}\frac{const}{V_z^{1{,}4}}\,dV_z$; если $V_z = \sin T$ для 1 интеграла, то $dV_z = \cos T\,dT \Rightarrow A = \int_{\arcsin(V_{12})}^{\arcsin(V_{21})}\frac{1 + \cos 2T}{2}\,dT - \int_{V_{12}}^{V_{21}}\frac{const}{V_z^{1{,}4}}\,dV_z =$

$= 0{,}5(\arcsin(\cos 15^\circ) - \arcsin(\sin 22{,}5^\circ)) + \frac{1}{4}\cdot(\sin(2\arcsin(\cos 15^\circ)) - \sin(2\arcsin 1(\sin 22{,}5^\circ))) +$

$+ \frac{10}{4}\cdot 0{,}354\left(\frac{1}{\cos 15^\circ} - \frac{1}{\sin 22{,}5^\circ}\right)$ - считается;

$\boxed{Q} = \int_{V_{12}}^{V_{zk}}(\sqrt{1 - V_z^2})\,dV = \boxed{0{,}5\left(\arcsin\left(\cos\left(\frac{\sqrt{7}}{\sqrt{12}}\right)\right) - \arcsin(\sin 22{,}5^\circ)\right) + \frac{1}{4}\left(\sin\left(2\arcsin\left(\cos\left(\frac{\sqrt{7}}{\sqrt{12}}\right)\right)\right) - \sin(2\arcsin(\sin 22{,}5^\circ))\right)}$

$\eta = \frac{A}{Q}$

Ответ: 1) 0,41; 2) $\cos\gamma = \sqrt{\frac{7}{12}}$; 3) $\eta = \frac{A}{Q}$

Вариант 11-08

Чистовик

1. Дано:

$\cos\alpha = \frac{3}{5}$

$m_1 = m$

H

$m_2 = 5m$

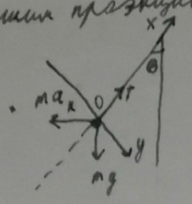
$\cos\beta = \frac{5}{13}$

$a_к$ - ?

$a_б$ - ?

t_c - ?

1) Поскольку угол наклона β нити с шариком к вертикали — стационарное состояние, то запишем проекции сил действующих на шарик в СО клина

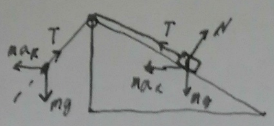


$a_к$ - ускорение клина

Проекция II зак. Ньютона на OY: (OY ⊥ T):

$$mg\sin\beta = ma_к\cos\beta$$

$$a_к = g\,tg\,\beta = g\sqrt{\frac{1}{\cos^2\beta}-1} \approx g\cdot\sqrt{\frac{169-25}{25}} \approx \frac{9{,}81\cdot 12}{5} \approx \boxed{23{,}5\ \left(\frac{м}{с^2}\right)}$$



2) Запишем силы, которые действуют на нить вдоль неё:

$$T_1 = T_2 = T$$

т.е. проекции результирующих сил, действующих на шарик и на блок на линию нити равны. Отсюда пусть брусок имеет ускорение (в СО клина) $a_б$ относительно клина, тогда из уравнения неразрывности нити и проекции II зак. Ньютона для шарика и блока на линию вдоль нити:

$$(m_1+m_2)a_б = m_2 a_к\cdot\cos\alpha - m_2 g\sin\alpha + m_1 a_к\sin\beta + m_1 g\cos\beta$$

Подставим $m_1 = m$; $m_2 = 5m$:

$$6ma_б = 5ma_к\cos\alpha - 5mg\sin\alpha + ma_к\sin\beta + mg\cos\beta$$

$$a_б = \frac{1}{6}(5a_к\cos\alpha - 5g\sin\alpha + a_к\sin\beta + g\cos\beta) = \frac{1}{6}\left(a_к(5\cos\alpha+\sin\beta) - g(5\sin\alpha-\cos\beta)\right) =$$

$$= \frac{1}{6}\left(g\sqrt{\frac{1-\cos^2\beta}{\cos^2\beta}}\left(5\cos\alpha+\sqrt{1-\cos^2\beta}\right) - g\left(5\sqrt{1-\cos^2\alpha}-\cos\beta\right)\right) =$$

$$= \frac{1}{6}\left(23{,}5\left(5\cdot\frac{3}{5}+\sqrt{\frac{144}{169}}\right) - 9{,}81\left(5\sqrt{\frac{16}{25}}-\frac{5}{13}\right)\right) \approx \frac{1}{6}(23{,}5\cdot3{,}92 - 9{,}81\cdot3{,}62) \approx$$

$$\approx \frac{1}{6}(92{,}1-35{,}5) \approx \boxed{9{,}4\ \left(\frac{м}{с^2}\right)}$$

3) Поскольку движение равноускоренное, то из уравнения равноускор. движ. (l - расстояние между шариком и блоком) ($l(0)=0$; $v(0)=0$ - по условию):

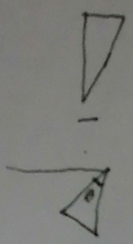
$l = \frac{a_б t^2}{2}$, в момент касания плоскости: $l = \frac{H}{\cos\beta}$, тогда:

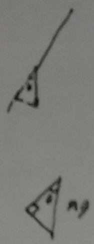
$t = \sqrt{\frac{2H}{\cos\beta\cdot a_б}} = \sqrt{\frac{2\cdot13}{5\cdot9{,}43}}\sqrt{H} \approx \boxed{0{,}74\sqrt{H}}$, для получения выражения в общем виде нужно подставить выражение для $a_б$ из п. 2; H следует подставлять в СИ, тогда t так же будет в СИ (с).

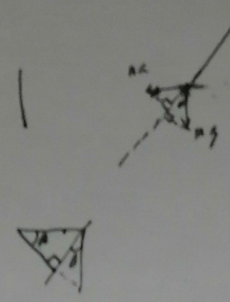
Ответ: 1) $23{,}5\ \frac{м}{с^2}$; 2) $9{,}4\ \frac{м}{с^2}$; 3) $0{,}74\sqrt{H}$ (с); H — следует подставлять в метрах.

Черновик

Aθ







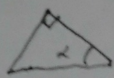
$\frac{A}{Q}$

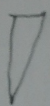
$\frac{A}{Q}$

$P = \frac{\cos t}{V^{2}}$

$s^2 + c^2 = 1$

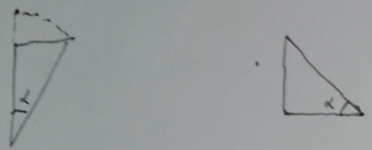
$t^2 + 1 = \frac{1}{c^2}$

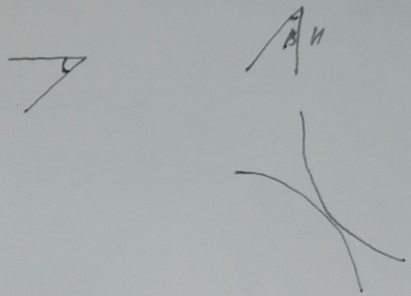




$\left(\frac{P}{P_0}\right)^2$

$m a_K \cdot \cos\alpha$





$s^2 + c^2 = 1$

$s^2 = 1 - c^2$

$\cos^2\alpha =$

$\left(\frac{P}{P_0}\right)^2 + \left(\frac{V}{V_0}\right)^2 =$

9,43

$\cos 2\alpha = \cos^2\alpha - \sin^2\alpha =$

$= 2\cdot c^2 - 1$

$c^2 = \frac{1+\cos 2\alpha}{2}$

169 − 25

$\frac{1}{2}\sin 2T$

$\frac{1}{2}$

$\dot{\imath}\cos 2T$

$-\frac{10}{4}$

Часть 2

Олимпиада: **Физика, 11 класс (2 часть)**

Шифр: **21200277**

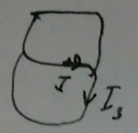
ID профиля: **873055**

Вариант 8

Черновик

$C = \frac{q}{U}$

$U = \frac{q}{C}$



$\mathcal{E} = L\dot{I}$

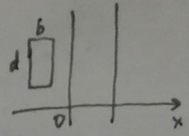
$\sqrt{\omega_0^2 -}$

$IR = U$

$q = e^{-2\beta t}(\cos(\omega_0 t + \varphi_0)$

$\Phi = BS\cos\alpha$

вариант 11-08



Чистовик

4.

Дано:
m
d
$b=\frac{2d}{3}$
V_0
R
B
$H=3d$
a_0-?
V_1-?
V_2-?

1) $\mathcal{E} = -\dot{\Phi} = -V_0 B \cdot d$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{-V_0 B d}{R}$$

Сила, действующая на рамку в момент вхождения рамки в контур:

$$F = BId = \frac{-B \cdot V_0 B \cdot d \cdot d}{R} = -\frac{B^2 d^2 V_0}{R}$$, по II закону Ньютона $\boxed{a = -\frac{B^2 d^2 V_0}{R \cdot m}}$

(ось вдоль V_0)

2) Силы на боковые стороны скомпенсированы, поэтому, пока рамка входит в контур

$$a = -\frac{B^2 d^2 V}{Rm} \Rightarrow \int_{V_0}^{V} \frac{dV}{V} = \int_0^t -\frac{B^2 d^2}{Rm} dt \Rightarrow \ln\frac{V}{V_0} = -\frac{B^2 d^2 t}{Rm} \Rightarrow V = V_0 \cdot e^{-\frac{B^2 d^2 t}{Rm}}$$

Интегрируя по времени выше рав-во: $b = \int_0^t V_0 \cdot e^{-\frac{B^2 d^2}{Rm} t} dt = \cdot V_0 \frac{Rm}{B^2 d^2}\left(-e^{-\frac{B^2 d^2}{Rm} t} + 1\right)$

$$-\frac{B^2 d^2}{Rm} t = \ln\left(\frac{RmV_0}{bB^2 d}\right)$$

$$t = -\frac{Rm}{B^2 d^2} \ln\left(\frac{RmV_0}{bB^2 d}\right) \Rightarrow \boxed{V_1} = V_0 \cdot e^{\ln\left(\frac{RmV_0}{bB^2 d}\right)} = \frac{RmV_0^2}{B^2 bd} = \boxed{\frac{3RmV_0^2}{2B^2 d^2}}$$

3) Когда рамка полностью в контуре, силы действующие на неё $= 0$.

После того как рамка начнёт выходить из поля в ней возникнет $\mathcal{E}$ с противоположным знаком, т.е. движение будет равнозамедленным с ускорением $(-a)$ (a - из п. 2); отсюда из правила обратимости времени, время выхода рамки будет таким же как и время входа $\Rightarrow$ изменение скорости рамки будет равно изменению её скорости при входе по модулю, но противоположное по знаку, т.е после выхода рамки из поля её скорость станет равной $\boxed{V_2 = V_0}$

Ответ: 1) $a = -\frac{B^2 d^2 V_0}{R \cdot m}$; 2) $V_1 = \frac{3RmV_0^2}{2B^2 d^2}$; 3) $V_2 = V_0$

2

Чистовик

Вариант 11-08

3.

Дано:

L

R

I_0

$C_1 = C$

E

$C_2 = 5C$

$\dot{I}(0) - ?$

$E - ?$

$U_2 - ?$

Из 2 правила Кирхгофа для контура $(E - C_1 - L - R)$:

1) $E = \frac{q_1}{C_1} + L\dot{I} + IR, \Rightarrow E = \frac{q_1(0)}{C_1} + L\dot{I}(0) + I(0)R \Rightarrow \boxed{\dot{I}(0) = \frac{E}{L}}$

2,3) для контура $(E - C_1 - C_2)$:

$$E = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2} = \frac{\dot{q}}{C_1} + \frac{(\dot{q} - \dot{q}_3)}{C_2} \Rightarrow \dot{q}\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right) = E + \frac{\dot{q}_3}{C_2} \Rightarrow \dot{q}_3 = C_2 \cdot \left(\dot{q}\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right) - E\right)$$

$$E = \frac{q_1}{C_1} + L\dot{I} + IR = \frac{q}{C_1} + L\ddot{q}_3 + \dot{q}_3 R$$

$$E = \frac{q}{C_1} + LC_2 \cdot \ddot{q}\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right) + C_2 R\left(\dot{q}\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right) - E\right)$$

$$\ddot{q} \cdot LC_2\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right) + \dot{q}\, C_2\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right) R + \frac{q}{C_1} - E(C_2 R + 1) = 0$$

Пусть $\frac{q}{C_1} + E(C_2 R + 1) = \frac{x}{C_1}$, тогда $\dot{q} = \dot{x}$, $\ddot{q} = \ddot{x}$, тогда:

$$\ddot{x} + \dot{x}\frac{R}{L} + \frac{C_1 C_2}{C_1(C_1 + C_2)C_2}\frac{x}{L} = 0 \Rightarrow \ddot{x} + \dot{x}\frac{R}{L} + x\frac{1}{(C_1 + C_2)L} = 0$$

Решением уравнения будет:

$$x = A_0 e^{-2\frac{R}{L}t} \cos\left(\sqrt{\frac{1}{(C_1 + C_2)L} - \frac{R^2}{L^2}}\, t + \varphi_0\right)$$

$$q = x - E C_1(C_2 R + 1) = A_0 e^{-2\frac{R}{L}t} \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{1}{(C_1 + C_2)L} - \frac{R^2}{L^2}}\, t + \varphi_0\right) - E C_1(C_2 R + 1) =$$

$$= E C_1(C_2 R + 1)\left(e^{-2\frac{R}{L}t} \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{1}{(C_1 + C_2)L} - \frac{R^2}{L^2}}\, t\right)\right)$$

$$I_0 = \dot{q} - \dot{q}_3 = \dot{q}\left(1 - C_2\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)\right) + C_2 E$$

Далее выражаем отсюда t, подставляем в выражение для $\dot{q}_3 = C_2\left(\dot{q}\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right) - E\right)$, для нахождения напряжения на резисторе $U_2 = \dot{q}_3 R$, это и будет ответ на п. 3; для ответа на п. 2. $I_3 = \dot{q}_3 = C_2\left(\dot{q}\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right) - E\right)$, подставляем $\dot{q}$, интегрируем по времени от 0 до ∞ ($E = \int_0^\infty I_3^2 R\, dt$; это и будет ответ на п. 2.

Ответ: 1) $\dot{I}(0) = \frac{E}{L}$.

1

Вариант 11-08

Чистовик

5\. Дано:

$l_1 = 0{,}25$ м

$l_2 = 0{,}5$ м

$k = \frac{D_2}{D_1} = 5$

---

x - ?

D_2 - ?

D_4 - ?

1) $\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = D$ – формула т. линзы.

из данных ур-ний:

$$\begin{cases} \frac{1}{l_1} + \frac{1}{f} = D_1 + D \\ \frac{1}{l_2} + \frac{1}{f} = D_2 + D \end{cases} \Rightarrow 1 + \frac{1}{k} \approx \frac{D_1}{D_2} \approx \frac{f}{l_1} + 1 \Rightarrow \boxed{f} = \frac{l_1}{k} \approx \boxed{0{,}05 (м)}$$

$$\boxed{D_2 = \frac{1}{f} = 20 \text{ (Дптр.)}}$$

$$D_4 = D_2 - \frac{1}{l_2} + \frac{1}{l_1} = D_2 + 2 = 22 \text{ (Дптр)}$$

Ответ: 1) 0,05 (м); 2) 20 Дптр; 3) 22 Дптр.