Часть 1

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

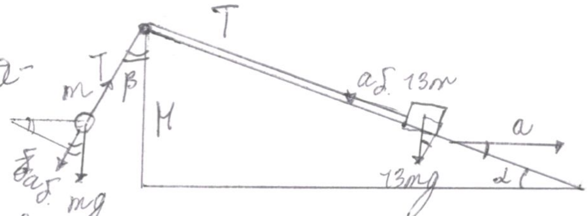
Шифр: **21200916**

ID профиля: **800925**

Вариант 5

Чистовик

№1



Пусть ускорение клина a, ускорение бруска относительно клина $a_б$, сила натяжения нити T, время полёта ~~на~~ шара t.
В системе отсчёта клина ускорения бруска и шара равны.

1) На шар действует сила тяжести mg и сила натяжения нити. Перпендикулярно ~~нит~~ нити действует только проекция силы тяжести: $mg\sin\beta$.
В системе отсчёта (с.о.) клина шар движется только под углом β к боковой поверхности клина, поэтому ускорение, создаваемое проекцией силы тяжести компенсируется проекцией ускорения клина, перпендикулярной движению шара:

$$\cancel{m}g\sin\beta = \cancel{m}a\cos\beta \Rightarrow a = g\frac{\sin\beta}{\cos\beta} = 0{,}75g$$

2) Ускорение шара в с.о. клина: $a_б = g\cos\beta + a\sin\beta - \frac{T}{m}$

~~бруска: $a_б$~~ На брусок действуют ~~сила тяжести 13mg~~, параллельно поверхности клина, проекция силы тяжести $13mg\sin\alpha$ и сила натяжения нити. В с.о. клина к ускорению, создаваемому этими силами, надо добавить проекцию ускорения клина:

$$a_б = \frac{T}{13m} + a\cos\alpha - g\sin\alpha$$

$$\frac{T}{13m} + 0{,}75g\cos\alpha - g\sin\alpha = g\cos\beta + 0{,}75g\sin\beta - \frac{T}{m} \Rightarrow$$

$$\frac{14T}{13m} = g\left(\frac{9}{13}0{,}45 - \frac{4}{13}\right) \Rightarrow \frac{T}{m} = \frac{1{,}85g}{14}$$

$\cos\beta = 0{,}8$
$\sin\beta = 0{,}6$
$\cos\alpha = \frac{12}{13}$
$\sin\alpha = \frac{5}{13}$

$$a_б = 0{,}8g + 0{,}45g - \frac{1{,}85g}{14} = \frac{15{,}65}{14}g = 1\frac{1{,}65}{14}g$$

3) ~~Шарик проле~~ В с.о. клина шар пролетает расстояние $\frac{M}{\cos\beta}$ с ускорением $a_б$ за время t:

$$\frac{a_б t^2}{2} = \frac{M}{\cos\beta} \Rightarrow gt^2 = \frac{28M}{15{,}65\cos\beta} = \frac{14M}{6{,}26} = \frac{7M}{3{,}13} \Rightarrow$$

$$t = \sqrt{\frac{7M}{3{,}13g}} \approx 1{,}5\sqrt{\frac{M}{g}}$$

Ответ: 1) $a = 0{,}75g$, 2) $a_б = 1\frac{1{,}65}{14}g$, 3) $t = \sqrt{\frac{7M}{3{,}13g}} \approx 1{,}5\sqrt{\frac{M}{g}}$

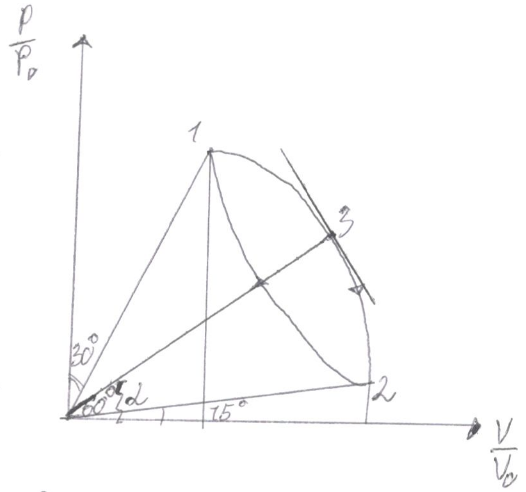
Чистовик

№2

Пусть в точке 1: P_1, V_1, T_1

в точке 2: P_2, V_2, T_2

$tg\,60^\circ = \sqrt{3}$, $tg\,15^\circ = 2-\sqrt{3}$



Уравнения Менделеева-Клапейрона:

$P_1V_1 = \nu RT_1$
$P_2V_2 = \nu RT_2$ $\Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{P_1V_1}{P_2V_2}$

$\frac{V_1}{V_0}\cdot tg\,60^\circ = \frac{P_1}{P_0}$. $\frac{V_2}{V_0}\cdot tg\,15^\circ = \frac{P_2}{P_2}$ - из графика

1) Уравнение окружности: $\frac{P_1^2}{P_0^2} + \frac{V_1^2}{V_0^2} = \frac{P_2^2}{P_0^2} + \frac{V_2^2}{V_0^2} = \frac{V_2^2}{V_0^2}(8-4\sqrt{3}) = \frac{V_1^2}{V_0^2}\cdot 4 \Rightarrow V_1 = \sqrt{2-\sqrt{3}}\,V$

$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1\sqrt{3}}{V_2(2-\sqrt{3})} = \sqrt{\frac{3}{2-\sqrt{3}}}$

$\frac{T_1}{T_2} = \frac{P_1V_1}{P_2V_2} = \sqrt{3}$

2) теплоёмкость $c = 0$, $c = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = 0 \Rightarrow \Delta Q = 0$ Пусть параметры искомой точки P_3, V_3, T_3

ΔQ - теплота; ΔT - изменение температуры

$\Delta Q = \Delta U + A'$ (ΔU - изменение внутренней энергии, A' - работа газа)

$C_V = 1,5R$ В точке, при небольшом изменении объёма $A' = P\Delta$

$\Delta U = C_V\,\nu\,\Delta T = 1,5\,\Delta(P_3V_3) = 1,5\,P_3\Delta V_3 + 1,5\,V_3\Delta P_3$

(слагаемым $\Delta P_3\cdot\Delta V_3$ пренебрегаем, так как оно очень маленькое при $\Delta V\to 0$)

Пусть тангенс искомого угла $tg\,\alpha \Rightarrow P_3 = \frac{P_0}{V_0}\cdot V_3\cdot tg\,\alpha$

Проведём касательную к графику в искомой точке, при $\Delta V\to 0$ она отражает

зависимость ΔP и ΔV: $\Delta P_3 = -ctg\,\alpha\cdot\frac{P_0}{V_0}\cdot\Delta V_3$

$\Delta Q = 0 = 2,5P_3\Delta V_3 + 1,5V_3\Delta P_3 = 2,5\frac{P_0}{V_0}\cdot V_3\,tg\,\alpha\,\Delta V_3 - 1,5\cdot\frac{P_0}{V_0}\cdot V_3\cdot\frac{\Delta V_3}{tg\,\alpha} = 0$

$5\,tg\,\alpha - \frac{3}{tg\,\alpha} = 0 \Rightarrow tg\,\alpha = \sqrt{0,6} \approx 0,77$

3) ~~Участок 2-1 - адиабата (т.к. нет теплообмена)~~

Работа при расширении газа - площадь под графиком 1-2

в 2-1: $\Delta Q = 0 = \Delta U + A' \Rightarrow A' = -\Delta U = -c_V\cdot\nu\,\Delta T_{21} = 1,5\,(P_2V_2 - P_1V_1) = 1,5\,P_2V_2\,(\cancel{\sqrt{3}} - 1)$ [$1-\sqrt{3}$]

на 1-2 $A' \approx \cancel{\frac{P_1+P_2}{2}\cdot(V_2-V_1)} \approx P_1(V_2-V_1) = P_1V_1\left(\frac{1-\sqrt{2-\sqrt{3}}}{\sqrt{2-\sqrt{3}}}\right)$

$\frac{A'_{12}+A'_{21}}{A'_{12}} \approx \frac{1,5(\sqrt{3}-1)\sqrt{2-\sqrt{3}}}{1-\sqrt{2-\sqrt{3}}} + 1$

Ответ: 1) $\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{3}$, 2) $tg\,\alpha \approx 0,77$, 3)

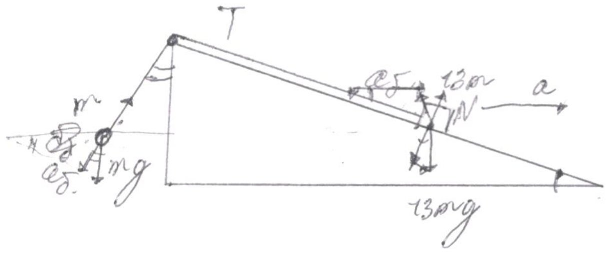
Черновик

№1

$-T + 13mg\sin\alpha = a_{c.t.} \cdot 13m$

$13m(a\sin\alpha = N - 13mg\cos\alpha)$

$13ma_{\delta} = T + 13ma\cos\alpha - 13mg\sin\alpha$



$ma_{\delta} = mg\cos\beta - T + ma\sin\beta$

$a_{\delta} \Rightarrow mg\sin\beta = ma\cos\beta \Rightarrow a = g\frac{\sin\beta}{\cos\beta}$

$a = 0{,}75g$

$\cos\beta = 0{,}8$ $\quad \cos\alpha = \frac{12}{13}$

$\sin\beta = 0{,}6$ $\quad \sin\alpha = \frac{5}{13}$

$\frac{at^2}{2} = \frac{H}{\cos\beta} \Rightarrow \sqrt{\frac{8H}{20{,}3g}} = t$

№2

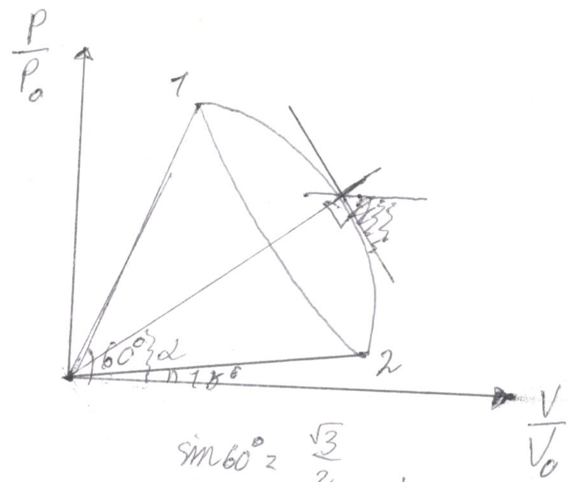
$P_1V_1 = \nu RT_1$ $\quad \frac{V_1}{V_0}\cdot\sqrt{3} = \frac{P_1}{P_0}$

$P_2V_2 = \nu RT_2$ $\quad \frac{V_2}{V_0}(2-\sqrt{3}) = \frac{P_2}{P_0}$

$\frac{P_1^2}{P_0^2} + \frac{V_1^2}{V_0^2} = \frac{P_2^2}{P_0^2} + \frac{V_2^2}{V_0^2} = \frac{V_2^2}{V_0^2}\cdot(8-4\sqrt{3}) =$

$= \frac{V_1^2}{V_0^2}\cdot 4 \Rightarrow V_2^2(2-\sqrt{3}) = V_1^2$ $\quad \frac{P_1}{P_2} = \sqrt{\frac{3}{2-\sqrt{3}}}$

$\frac{T_1}{T_2} = \frac{P_1V_1}{P_2V_2} = \sqrt{2-\sqrt{3}}\cdot\sqrt{\frac{3}{2-\sqrt{3}}} = \sqrt{3}$



$\sin 60° = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$\cos 60° = 0{,}5$ $\quad tg 60° = \sqrt{3}$

2) $C=0$ $\quad C = \frac{dQ}{\nu dT} \Rightarrow dQ = 0$

$dQ = \Delta U + A' = c_v \nu \Delta T + P\Delta V$ $\quad \frac{V_3}{V_0}tg\alpha = \frac{P_3}{P_0}$

$1{,}5\Delta(P_3V_3) + P_3\Delta V_3 = 0$

$1{,}5\Delta P_3\cdot V_3 + 1{,}5P_3\Delta V_3 + P_3\Delta V_3 = 0$

$2{,}5P_3\Delta V_3 + 1{,}5\Delta P_3\cdot V_3 = 0$

$2{,}5\frac{P_0}{V_0}\cdot V_3 tg\alpha\,\Delta V_3 + 1{,}5\frac{P_0 V_3}{V_0}\frac{\Delta V_3}{tg\alpha} = 0$ $\quad \frac{\Delta P_3}{P_0} = -ctg\alpha\cdot\frac{\Delta V_3}{V_0}$

$5tg\alpha - \frac{3}{tg\alpha} = 0 \Rightarrow tg^2\alpha = 0{,}6 \Rightarrow tg\alpha = \sqrt{0{,}6}$

$\cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2} = 2\cos^2 15° - 1 \Rightarrow$

$\cos^2 15° = \frac{\sqrt{3}+2}{4}$

$\cos 15° = \frac{\sqrt{\sqrt{3}+2}}{2}$

$\sin 15° = \frac{\sqrt{2-\sqrt{3}}}{2}$

$tg 15° = \sqrt{\frac{2-\sqrt{3}}{2+\sqrt{3}}} = \frac{1}{2+\sqrt{3}} = 2-\sqrt{3}$

$\sqrt{3} = 1{,}7$

$\sqrt{0{,}3} = 0{,}54$

$y^2 + x^2 = R^2$

$y = \sqrt{R^2 - x^2}$

$t^2 = \sqrt{R^2 - x^2}$

$x = \sqrt{R^2 - t^2}$ $\quad \int\sqrt{R^2 - x^2}\,dx =$

$dx = -2t\cdot\frac{1\,dt}{2\sqrt{R^2-t^2}} = -\frac{t\,dt}{\sqrt{R^2-t^2}} = -\frac{dx\,t^2}{\sqrt{R^2-t^2}}\cdot\frac{1}{t^2}$ $\quad -2\sqrt{R^2-t^2} = -2x$ $\quad$ лист 1 из 1

Часть 2

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

Шифр: **21200916**

ID профиля: **800925**

Вариант 5

Чистовик

№ 4

1) При вхождении рамки в поле на правой ~~ст~~ стороне возникает напряжение $U = B v_0 d$, ток $I = \frac{U}{R}$ и ускорение из-за действия магнитного поля на ток $a = -\frac{IBd}{m} = -\frac{B^2 d^2 v_0}{Rm}$.
(у a направлено в противоположную скорости $\vec{v}$ сторону)

2) Пока рамка проходит поле, её ускорение a и скорость v связаны соотношением $a = -\frac{B^2 d^2 v}{Rm}$
Проинтегрируем левую и правую части равенства: $\int a\,dt = -\frac{B^2 d^2}{Rm} \int v\,dt$

изменение скорости рамки, Δv ; расстояние, пройденное рамкой, H

Тогда $\Delta v = -\frac{B^2 d^2 H}{Rm}$

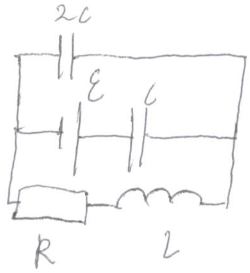
$v_1 = v_0 + \Delta v = v_0 - \frac{B^2 d^3}{3Rm}$

3) ~~v~~ Аналогично предыдущему пункту $v_2 = v_1 + \Delta v$ (Δv не зависит от начальной скорости рамки) $v_2 = v_0 - \frac{2B^2 d^3}{3Rm}$

Ответ: 1) $a = -\frac{B^2 d^2 v_0}{Rm}$, 2) $v_1 = v_0 - \frac{B^2 d^3}{3Rm}$, 3) $v_2 = v_0 - \frac{2B^2 d^3}{3Rm}$.

Чистовик

№3



1) Сразу после включения цепи конденсаторы не заряжены, поэтому на них нет падения напряжения, тока нет, ~~а~~ поэтому нет падения напряжения на резисторе $\Rightarrow$ напряжение на катушке ε, $\varepsilon = L\frac{dI}{dt} \Rightarrow$ скорость изменения тока $I' = \frac{\varepsilon}{L}$

Ответ: 1) $I' = \frac{\varepsilon}{L}$, ~~2)~~ 3) $\frac{I_0}{2}$

Чистовик

№5

Пусть фокусные расстояния очков F_1 и F_2: $\frac{1}{-F_1} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{x}$, $\frac{1}{-F_2} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2}$

1) $d_1 = \frac{1}{4}$ м, $d_2 \to \infty$ $D_1 = \frac{1}{-F_1}$, $D_2 = \frac{1}{-F_2}$, $D_1 = 2D_2$ (линзы рассеивающие)

$\cancel{x = f_2 = F_2}$ $F_1 = d_1$ $\frac{1}{x} = -\frac{2}{F_1} = -\frac{1}{0,125}$, $|x| = 0,125$ м

$D_1 = \frac{1}{-F_1} = -\frac{1}{0,25} = 2D_2 \Rightarrow D_2 = -2$ д

2) $-\frac{1}{F_3} = \frac{1}{d_3} + \frac{1}{x}$, $d_3 = 0,5$ м, $\cancel{|x| = 0,125 м}$ 0,125 м

$-\frac{1}{F_3} = D_3 = -6$

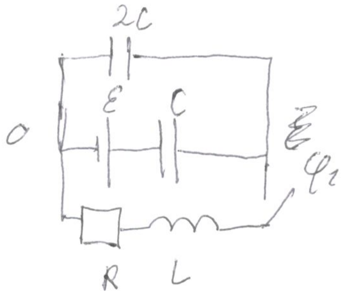
Ответ: 1) $|x| = 0,125$ м, $D_2 = -2$ Д, 2) $D_3 = -6$ Д.

Черновик

№3

1) $U = LI'$ $\quad \Phi_B = LI \quad U = \frac{d\Phi}{dt} = L\frac{dI}{dt}$

$U_0 = \mathcal{E} \quad I' = \frac{U}{L}$



2) $Q = \cancel{RI^2 t} = \int U \cdot I \cdot dt$

U_C, U_L, U_R

$\mathcal{E} = U_C + U_L + U_R = \frac{q}{C} + L\ddot{q} + R\dot{q}$

$E_m = \frac{LI^2}{2}$

$A = q\mathcal{E}$

$q_2 = 2C\varphi_2$

$LI' = \varphi_2 - IR$

№4

1) $U = B v_0 d$ пределы аккомодации; пределы R, на кот. четко видно

$I = \frac{U}{R} \quad a = -IBd : m = -\frac{B^2 d^2 \cdot v_0}{Rm}$

2) ~~$v_0 t + \frac{at^2}{2} - H = 0 \quad at^2 + 2v_0 t - 2H = 0 \quad t = \frac{-v_0 \pm \sqrt{v_0^2 + 2Ha}}{a} \quad t \leq -\frac{v_0}{a}$~~

~~$v_1 = v_0 + at = \sqrt{v_0^2 + 2Ha} \quad \sqrt{v_0^2 + 2Ha}$~~

~~3) $v_2 =$~~ $\quad v' = -\frac{B^2 d^2}{Rm} v \qquad \Delta v_0 = -\frac{B^2 d^2}{Rm} H \qquad v_1 = v_0 - \frac{B^2 d^2}{Rm} H$

3) $v_2 = v_1 - \frac{B^2 d^2}{Rm} H$

№5

Пусть F очков: F_1 и F_2 $\Rightarrow \frac{1}{F_1} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{x}, \quad \frac{1}{F_2} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2}$

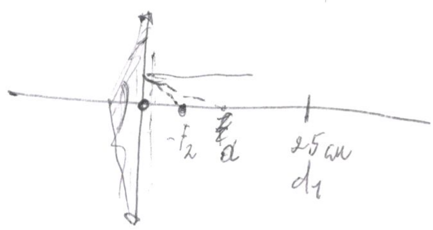
$d_1 = \frac{1}{4}$ м $\quad d_2 = \infty$

$\frac{1}{x} = \frac{1}{F_1} - \frac{1}{d_1} \qquad D_1 = \frac{1}{F_1} \quad D_2 = \frac{1}{F_2} \qquad D_1 = 2D_2$

если $x = f_2 = F_2$, $\quad \frac{2}{F_2} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{F_2}, d_1 = F_2 = 25$ см

$x \neq f_2$, $\quad x = F_2 = 25$ см

если $d_1 = F_1 = 25$ см, $x = 0$, $F_2 = \cancel{0{,}125}$ м $0{,}5$



лист 1 из 1