Часть 1

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

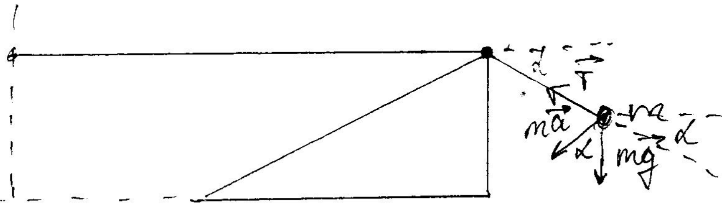
Шифр: **21202062**

ID профиля: **319590**

Вариант 1

Вариант 11-01. ① Чистовик

Задача 1.



1) Сила натяжения нити T равна проекции силы тяжести на нить:

$T = mg\cos(90^\circ - \alpha) = mg\sin\alpha$. Ускорение шара направлено перпендикулярно нити, а значит под углом α к вертикали, и равно проекции g на ось, перпендикулярную нити: $a = g\cos\alpha$, а угол к горизонту соответственно $90^\circ - \alpha$, его $\boxed{\sin\beta} = \cos\alpha = \boxed{\frac{3}{5}}$, а $\boxed{\cos\beta} = \sqrt{1-\frac{9}{25}} = \boxed{\frac{4}{5}}$

2). Угол нити с горизонтом не меняется, а это означает, что шарик движется по прямой, составляющей угол $\beta = 90^\circ - \alpha$ с горизонтом. При этом клин движется так, что освобождаемой нити достаточно для такого движения шара. Найдём связь ускорений клина и шара. За время t клин перемещается на $S_1 = \frac{a_{к.} t^2}{2}$, а шарик на

$S_2 = \frac{a_{ш.} t^2}{2}$. Путь, пройденный клином, равен приросту длины нити, в то же время прирост длины равен $\Delta L = S_2\, tg\,\beta$. Получаем $\frac{a_{к.} t^2}{2} = \frac{a_{ш.} t^2}{2} tg\,\beta \rightarrow a_{к.} = a_{ш.}\, tg\,\beta$;

$a_{к.} = g\cos\alpha\, tg\,\beta = g \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{3}{4} = \boxed{\frac{9}{20} g}$ ($tg\,\beta$ найдём из соотношения $1 + tg^2\beta = \frac{1}{\cos^2\beta}$).

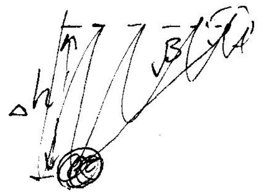
4. Путь шара до стола равен $\frac{H}{\cos\alpha}$, и в то же время $S_3 = \frac{a_{ш.} t^2}{2}$; из $\frac{a_{ш.} t^2}{2} = \frac{H}{\cos\alpha}$ находим

$t = \sqrt{\frac{2H}{a\cos\alpha}} = \sqrt{\frac{2H}{g\cos^2\alpha}} = \boxed{\frac{5}{3}\sqrt{\frac{2H}{g}}}$

21202062 (U319590 M1263065)

Задача 1. (продолжение). ② Чистовик

~~2. В системе потенциальная энергия шара переходит в кинетическую энергию шара и клина.~~



~~$mg\Delta h = \frac{mv_{ш}^2}{2} + \frac{Mv_{к}^2}{2}$ — ЗСЭ.~~

~~При этом $\Delta h = \frac{a_ш t^2}{2}\sin\beta$,~~

~~$v_ш^2 = a_ш^2 t^2$; $v_к^2 = a_к^2 t^2$. Получаем~~

~~$mg\frac{a_ш t^2}{2}\sin\beta = \frac{m}{2}a_ш^2 t^2 + \frac{M}{2}a_к^2 t^2$~~

~~$mga_ш\sin\beta = ma_ш^2 + Ma_к^2$~~

~~$mg^2\cos\alpha\sin\beta = mg^2\cos^2\alpha + M\left(\frac{9}{20}\right)^2 g^2$~~

~~$m\cos\alpha(\sin\beta - \cos\alpha) = \frac{81}{400}M$~~

3. Клин ускоряется за счёт работы силы тяжести по „вытягиванию" нити, равной
$A = F_L\Delta L = mg\sin\alpha\,\Delta L$, где ΔL — отрезок вытянутой нити. Он связан с путём, проходимым шаром:

$\Delta L = S_ш \cancel{\operatorname{tg}}\beta = \frac{a_ш t^2}{2}\cancel{\operatorname{tg}\beta} = \frac{1}{2\operatorname{tg}\beta} g t^2\cos^2\alpha$

$A = mg\sin\alpha\,\Delta L = \frac{1}{2\operatorname{tg}\beta} mg^2\sin\alpha\cos^2\alpha\, t^2 = \frac{Mv_к^2}{2} = \frac{1}{2}Ma_к^2 t^2 = \frac{1}{2}Mt^2\left(\frac{9}{20}\right)^2 g^2$

Отсюда получаем $mg^2\sin\alpha\cos^2\alpha\, t^2 = Mt^2 g^2\left(\frac{9}{20}\right)^2$

~~$\frac{m}{M} = \left(\frac{9}{20}\right)^2\cdot\frac{1}{\sin\alpha\cos^2\alpha} = \frac{9\cdot 81\cdot 5\cdot 25}{16\cdot 400\cdot 4\cdot 9} = \frac{45}{64}$~~

$\frac{m}{M} = \frac{81}{400\sin\alpha\cos\alpha\operatorname{tg}\beta} = \frac{9\cdot 81\cdot 5\cdot 5\cdot 4}{16\cdot 400\cdot 3\cdot 4\cdot 3} = \frac{36}{64} = \frac{18}{32} = \boxed{\frac{9}{16}}$

Ответы: $\sin\beta = \frac{3}{5}$; $a_к = \frac{9}{20}g$; $t = \frac{5}{3}\sqrt{\frac{24}{g}}$

$\frac{m}{M} = \frac{9}{16}$

 ③ Чистовик

1) $\nu C(T)\Delta T = \nu C_V \Delta T + \Delta A$

$2\nu R\frac{T}{T_0}\Delta T = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + \Delta A$

$\frac{\nu R}{T_0}\Delta(T^2) = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + \Delta A$ (1). ($\Delta(T^2) = 2T\Delta T$). Интегрируем.

$-\frac{\nu R}{T_0}\cdot\frac{11}{36}T_0^2 = -\frac{3}{2}\nu R\frac{T_0}{6} + \Delta A$

$-\frac{11}{36}\nu R T_0 = -\frac{1}{4}\nu R T_0 + \Delta A$ Отсюда получаем, что

$\boxed{Q_1} = -(\Delta U) = \boxed{\frac{1}{4}\nu R T_0}$

2) Воспользуемся выше полученным соотношением (1). Из него получается

$\Delta A = \nu R\left(\frac{\Delta(T^2)}{T_0} - \frac{3}{2}\Delta T\right)$ (2) $\cancel{\Delta A = \nu R\left(\frac{\Delta(T^2)}{T_0} + \frac{3}{2}\Delta T\right)}$

~~Найдём минимум выражения в скобках. Вершина параболы, задаваемой им, находится в точке~~ $\cancel{\Delta T_x = \frac{-b}{2a} = \frac{-3\cdot T_0}{-2\cdot 2} = \frac{3}{4}T_0}$. ~~У параболы ветви направлены вверх, поэтому при охлаждении на~~ $\cancel{\frac{3}{4}T_0}$ ~~работа будет минимальной, то есть при охлаждении до~~ $\cancel{\boxed{T_2 = \frac{1}{4}T_0}}$

3) ~~Вычислим эту работу, подставляя в (2)~~

$\cancel{\Delta T = -\frac{3}{4}T_0}$

$\cancel{\Delta A = \nu R\left(-\frac{9}{16}\frac{T_0^2}{T_0} + \frac{9}{8}T_0\right) = \boxed{\frac{9}{16}\nu R T_0}}$

Найдём минимум выражения в скобках

$\frac{\Delta(T^2)}{T_0} - \frac{3}{2}\Delta T = \frac{T_x^2 - T_0^2}{T_0} - \frac{3}{2}(T_x - T_0) = \frac{T_x^2}{T_0} - \frac{3}{2}T_x + \frac{1}{2}T_0.$

Вершина этой параболы — когда $T_x = \frac{-b}{2a} = \frac{3T_0}{4}$, а ветви параболы направлены вверх, поэтому при охлаждении до $\boxed{T_x = \frac{3}{4}T_0}$ работа минимальна.

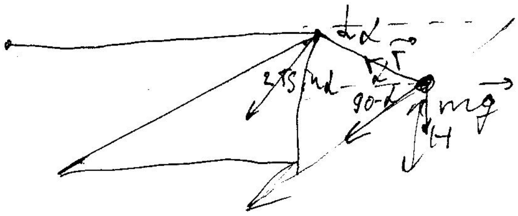
Задача 2. (продолжение) ④ Чистовик

3. Найдём эту работу с помощью формулы (2). $\Delta(T^2) = \frac{9}{16}T_0^2 - T_0^2 = -\frac{7}{16}T_0^2$; $\Delta T = -\frac{T_0}{4}$.

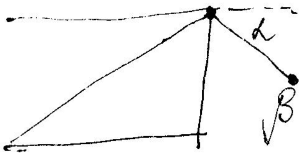
$\Delta A = \nu R\left(-\frac{7}{16}T_0 + \frac{3}{8}T_0\right) = -\frac{1}{16}\nu R T_0$

Ответы: $Q_1 = \frac{1}{4}\nu R T_0$

Черновик



$$\frac{a_n t^2}{2} = \Delta L$$



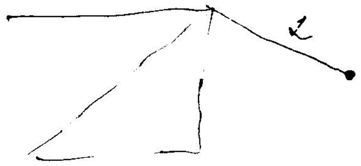
$T = mg\sin\alpha$

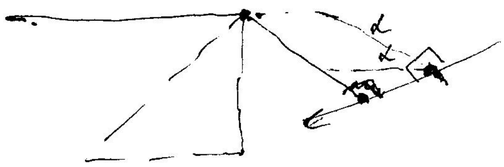
$a_n = 2T\sin\alpha$?

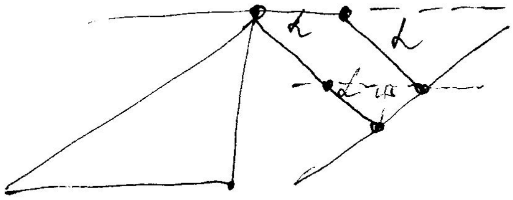
$\beta = 90-\alpha \to \sin\beta = \frac{3}{5}$ $\quad a_б = \frac{4}{5}g$

$\cos\beta = \frac{4}{5}$ $\quad tg\beta = \frac{3}{4}$

$1+tg^2\beta = \frac{25}{16}$







$\frac{a_n t^2}{2} = \frac{a_б t^2}{2}\, tg\beta$

$a_б = \cancel{\frac{12}{...}}\ \frac{3}{5}g.$

$$\boxed{\begin{gathered} mg\Delta h = mg\frac{a_n t^2}{2}\cos\alpha \\ \frac{mv^2}{2} = m\frac{a_n^2 t^2}{2} \end{gathered}}$$

Часть 2

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

Шифр: **21202062**

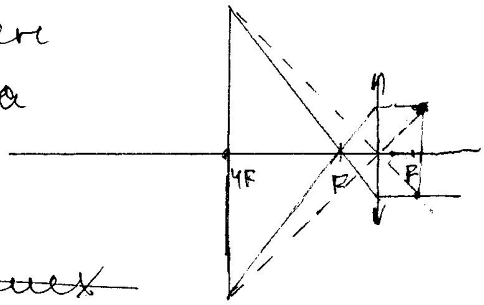
ID профиля: **319590**

Вариант 1

Задача 5. Вариант 11-01 ① Чистовик.

1. Формула тонкой линзы: $\frac{1}{F}=\frac{1}{f}+\frac{1}{d}$, причём $F=9$см., $d=36$см.. $\frac{1}{f}=\frac{1}{9}-\frac{1}{36}=\frac{3}{36}=\frac{1}{12}\rightarrow f=12$(см.).
При этом расстояние от глаза до изображения $L=24$см., а $\boxed{X}=f+L=\boxed{36\text{см}}$

2. Увеличение ~~изобр~~ равно $Г=\frac{f}{d}=\frac{12}{36}=\frac{1}{3}$, диаметр изображения $D_f=ГH=3$(см.). Минимальный размер линзы определяется тем, что лучи, идущие от A и B через фокус, всё ещё попадают в линзу, и затем идут параллельно ~~гл~~ глав. оптич. оси до пересечения с лучами, проходящими через центр линзы.
Для этого размер линзы должен быть просто не меньше размера изображения. $\boxed{D_л}=D_f=\boxed{3\text{(см.)}}$



3. ~~Непрозрачный экран небольших размеров следует поместить в фокусе линзы со стороны картины, то есть на расстоянии~~ ~~9см~~ ~~слева от линзы~~ Так как ~~эк~~ экран небольшой, его изображение перекроет изображение картины только в том случае, если окажется вплотную к глазу, в 36см. справа от линзы. Для этого его нужно поместить слева от линзы на расстоянии, определяемом из $\frac{1}{L}=\frac{1}{F}-\frac{1}{d}=\frac{1}{9}-\frac{1}{36}=\frac{1}{12}$
$\rightarrow \boxed{L=12\text{см.}}$ $\boxed{\text{слева от линзы}}$ – изображение окажется прямо перед глазом, загораживая всё остальное.

Ответы: $X=36$см., $D_л=3$см., $L=12$см., слева от линзы.

21202062 (U319590 M1263066)

Вариант 11-01 ② Чистовик

3. 1). В установившемся режиме $V_1+V_2=E$, $q_1=q_2$; $2C(E-V_2)=CV_2 \to 2CE=3CV_2 \to V_2=\frac{2}{3}E$ (напряжение на C_2), $V_1=E-V_2=\frac{E}{3}$ (напр. на C_1). После замыкания для внешнего контура

$I R=E-V_1=\frac{2}{3}E \to \boxed{I_{\bullet}=\frac{2E}{3R}}$

2). Через долгое время после замыкания $V_1=E$, $V_2=0$, ток не течёт. По ЗСЭ:

$A_{ист.}=\Delta E_1+\Delta E_2+Q$; $\Delta E_1=\frac{2C}{2}\left(E^2-\frac{E^2}{9}\right)=\frac{8}{9}CE^2$

$\Delta E_2=0-\frac{C}{2}\cdot\frac{4E^2}{9}=-\frac{2}{9}CE^2$. $A_{ист.}=E\Delta q$. Через источник прошёл такой же заряд, который пришёл на C_1. $\Delta q=2C\left(E-\frac{E}{3}\right)=\frac{4}{3}CE$. Получаем

$\boxed{Q}=A_{ист.}-\Delta E_1-\Delta E_2=\frac{4}{3}CE^2-\frac{8}{9}CE^2+\frac{2}{9}CE^2=\boxed{\frac{2}{3}CE^2}$

~~3). Мощность источника в этот момент — $P_{ист.}=E I_0$. Потери на C_1 — $P_1=V_1 I_0$. Потери на C_2 — $P_2=V_2 I_2$, причём $V_2=E-V_1$, так что $P_2=(E-V_1)I_2$. Потери на резисторе $P_3=(E-V_1)I_1$, причём $I_1=I_0-I_2$. Получаем $P_{ист.}=P_1+P_2+P_3$ Сначала найдём~~

~~$(E-V_1)=I_2R=V_2$ (где V_1 — напряжение на C_1, V_2 — напряжение на C_2, I_2 и I_1 — токи через резистор и C_2; $I_2+I_1=I_0$). Введём $R_c=\frac{V_2}{I_1}$. Тогда $I_2=I_0\frac{R}{R+V_2/I_1}$~~

~~$I_1=I_0\frac{V_2/I_1}{V_2/I_1+R}=I_0\frac{V_2}{V_2+I_1R}$.~~

Ответы: $I_{\bullet}=\frac{2E}{3R}$; $Q=\frac{2}{3}CE^2$

Задача 4. ③ Чистовик

1. В начальный момент $|\mathcal{E}| = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = BLV_0$
При этом $|\mathcal{E}| = 3Y_0 R$ (Y_0 - ток через контур, образующий рельсами и перемычками).
$3Y_0R = BLV_0 \rightarrow Y_0 = \frac{BLV_0}{3R}$. В перемычке 2 течёт ток, поэтому на неё действует ~~на~~ сила
$F_1 = BY_0L = \frac{B^2L^2V_0}{3R}$, направленная влево, а ускорение равно $\boxed{a} = \frac{F_1}{2m} = \boxed{\frac{B^2L^2V_0}{6Rm}}$

2. В любой момент времени на перемычки действуют одинаковые силы, направленные противоположно, а значит импульс системы сохраняется, причём через продолжительный промежуток времени ток не течёт, а перемычки движутся равномерно с одинаковыми скоростями (так что $\mathcal{E}=0$, $Y=0$).
Можем использовать закон сохранения импульса:
$mV_0 = (2m+m)V_1 \rightarrow \boxed{V_1 = \frac{V_0}{3}}$.

3. Изменение импульса перемычки 1 в некоторый момент времени t за небольшой промежуток Δt равно $-\Delta P = F(t)\Delta t = \frac{B^2L^2}{3R}V(t)\Delta t$
Так как $V(t)\Delta t = \Delta S$, то получаем $-\Delta P = \frac{B^2L^2}{3R}\Delta S$
(~~где~~ $V(t)$ - скорость 1-ой перемычки относительно 2-ой в момент времени t). Суммируя, получаем
$-\Delta P = -(P_2 - P_1) = P_1 - P_2 = m\left(V_0 - \frac{V_0}{3}\right) = \frac{2}{3}mV_0 = \frac{B^2L^2}{3R}\Delta S$. Отсюда
$\Delta S = \frac{2mV_0R}{B^2L^2}$ - настолько перемычки в итоге сблизились. А значит, новое расстояние меж-

21202062 (U319590 M1263066)

Задача 4 (продолжение) ④ Чистовик

имеем $\boxed{S_2} = S_0 - \Delta S = \boxed{S_0 - \dfrac{2mV_0R}{B^2L^2}}$

Ответы: $a = \dfrac{B^2L^2V_0}{6Rm}$; $V_1 = \dfrac{V_0}{3}$; $S_2 = S_0 - \dfrac{2mV_0R}{B^2L^2}$

Черновик.

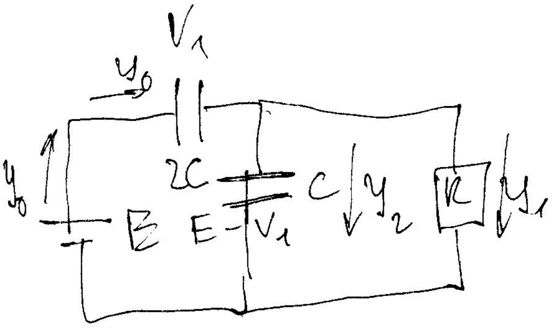
$3YR = B\frac{\Delta S}{\Delta t} = BLV_0$ $\quad Y = \frac{BLV_0}{3R}$

$a_2 = \frac{BYL}{2m}$ $\quad a_1 = \frac{BYL}{m}$

$V_1 = V_2$ $\quad 3m\frac{V_1^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} + \cancel{B\Delta S A}$ $\quad 2BYL\Delta S$

$\cancel{a_1 = \frac{BL}{2m}}$ $\quad \cancel{a_2 = \frac{BL}{2m}}$ $\quad \cancel{\frac{q^2}{2C} = \frac{qq}{4C} = W}$

$Y_R R = E - V_1 = V_2$



$Y_1^2 R = V_2 Y_2$

$Y_1 + Y_2 = Y_0$

$EY_0 = V_1 Y_0 + Y_1^2 R + V_2 Y_2$

$\cancel{EY_0 = V_1 Y_0 +}$

$\cancel{E V_1}$ $\quad Y_1^2 R = V_2 Y_1 = \frac{V_2^2}{R}$

$V_2 Y_2$

$\frac{2E}{3R\, Y_0} = \frac{2E}{3 \cdot V_2}$

$V_2 = Y_0 R$

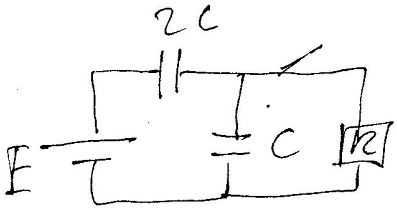
$\cancel{\frac{2E}{3R\, Y_0} = \frac{2E}{3 V_2} \to V_2 = Y_0 R}$

$\cancel{\frac{E - V_1}{R}} = Y_1$; $\cancel{\frac{V_2}{R}}$

$(Y_2 - Y_1)R = \frac{E}{3} - V_1$

21202062 (U319590 M1263066)

Черновик.



$V_1 + V_2 = E$

$V_1 + Y_1 R = E$

$V_2 = Y_1 R$

$E Y_0 = V_1 Y_0 + U_2 Y_2 + \cancel{\ }$

$(E - V_1) Y_0 = \cancel{V_2 Y_2 + Y_1}$

$E Y_0 = V_1 Y_0 + V_2 Y_2 + Y_1^2 R$

$(E - V_1) Y_0 = U_2 Y_2 + Y_1^2 R$

$\cancel{E Y_0 = V_1 Y_0 + V_2 Y_2 + Y_1^2 R}$

$\cancel{V_2 Y_0 = V_2 Y_2}$