Йошкар-Ола

34-84-27-49
(196.1)

Олимпиада ПВГ
2016

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 05

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Покори Воробьёвы горы!"

по физике

Лукина Кирилла Олеговича
фамилия, имя, отчество (в родительном падеже)

Дата «26» марта 2016 года

Подпись участника

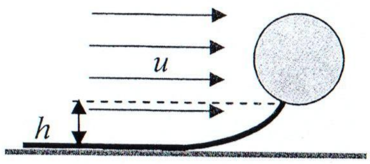
34-84-27-49
(196.1)

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!» по ФИЗИКЕ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ (ФИНАЛЬНЫЙ) ЭТАП 2016 года
БИЛЕТ № 05 (10-11 классы)

Задание 1:

Вопрос: Массивная цепочка из мелких гладких колечек подвешена за два конца к горизонтальному потолку в однородном поле тяжести. В каких точках сила натяжения цепочки в состоянии покоя максимальна и минимальна? Ответ обосновать.

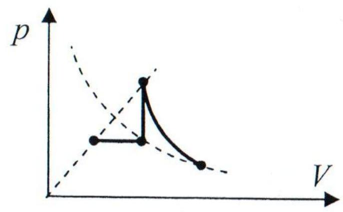
Задача: Наполненный гелием воздушный шарик почти идеальной сферической формы, если его отпустить в безветренную погоду, будет подниматься вверх со скоростью, постепенно достигающей величины $V = 3$ м/с. Если привязать к нему кусок тонкой гибкой нерастяжимой однородной веревки, то шарик сможет подниматься вверх, если длина куска не превышает $l = 50$ см. К шарику привязали кусок такой же веревки длиной $L = 1{,}5$ м и расстелили нижний конец веревки на горизонтальной поверхности. Коэффициент трения между веревкой и поверхностью $\mu = 0{,}5$. С какой скоростью будет в установившемся режиме двигаться шарик с прикрепленной веревкой при ветре, дующем вдоль поверхности со скоростью $u = 2{,}5$ м/с? На какой высоте h над поверхностью будет двигаться верхний конец веревки? Воздействием ветра на веревку пренебречь. Сила сопротивления воздуха, действующая на шар, пропорциональна квадрату его скорости относительно воздуха.



Задание 2:

Вопрос: Чему равна разность теплоемкостей одного моля идеального газа в изобарном и изохорном процессах? Ответ обосновать.

Задача: Постоянное количество идеального газа участвует в процессе, диаграмма которого показана на рисунке в координатах давление-объем. Известно, что при изобарном нагревании газ получает количество теплоты, равное $Q = 75$ кДж, а в ходе изохорного нагревания температура газа увеличивается в $n = 2$ раза. Найдите работу газа при адиабатическом расширении. Линии, показанные пунктиром – прямая, проходящая через начало координат, и изотерма.



Задание 3:

Вопрос: Какой будет разность потенциалов между обкладками плоского конденсатора емкостью C, на одну обкладку которого нанесен заряд $+q$, а на другую – заряд $+3q$?

Задача: В плоский воздушный конденсатор емкости C плотно вставили две проводящие пластины одинаковой толщины. Удельное сопротивление материала одной пластины равно ρ_1, а другой – ρ_2. На обкладки конденсатора подали постоянное напряжение U («плюс» источника соединен с обкладкой, с которой контактирует пластина 1). Найти заряд, накопившийся на границе раздела пластин при постоянном токе.

Задание 4:

Вопрос: Что нужно сделать для того, чтобы поперечное увеличение перевернутого изображения пламени свечи, наблюдаемого через собирающую тонкую линзу, уменьшилось – придвинуть линзу к свече или отодвинуть от нее? Ответ объяснить.

Задача: Небольшой предмет перемещают вдоль главной оси тонкой линзы. Когда он расположен в точке A, то линза дает прямое изображение с поперечным увеличением $|\Gamma_1| = 2$, а при расположении в точке B – перевернутое изображение с $|\Gamma_2| = 3$. Чему равно увеличение $|\Gamma_3|$, если предмет поместить в точке C, находящейся посередине между точками A и B?

34-84-27-49
(196.1)

1	2	3	4	Σ
5	5	5	2	
17	25	10	20	79

(перепровер.)

(Тарасов АА)

оценка: 79 баллов

Беловик.

Задание 1.
вопр:

Распишем силу натяжения нити в произвольной точке как её вертикальные и горизонт. проекции. ($T_В$ и $T_Г$). На всём протяжении цепи $T_Г$ одинакова и компенсируется $T_Г$ противоположной точки. $2T_В$ в свою очередь компенсируют вес звеньев цепи ниже точки. Значит в точках подвеса сила натяжения максимальна. ($T_{В_C} = \frac{mg}{2}$) (m – масса всей цепи). $T_C = T_{C_1} = \sqrt{T_{В_C}^2 + T_Г^2}$.
А в самой нижней точке – минимальна ($T_{В_A} = 0$)

$T_A = T_Г$.

(+)

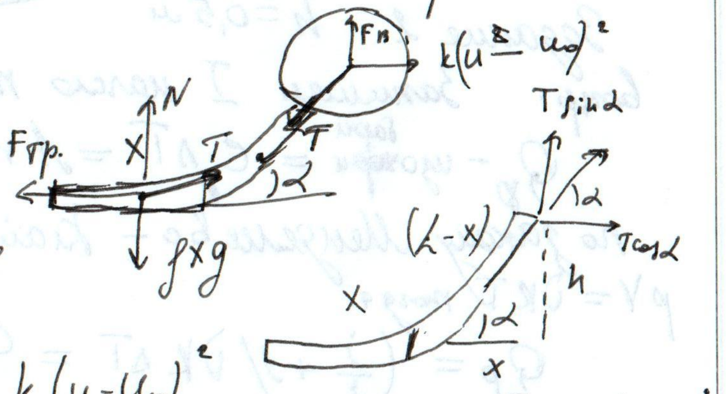
Задача: Запишем уравнения I и II зак. Ньютона для двух условий. ρ – продольная плотность шнура ($\frac{кг}{м}$).
$F_В$ – разность архимедовой силы и веса шара.

1. $F_В = k\delta^2$
2. $F_В = \rho g L$

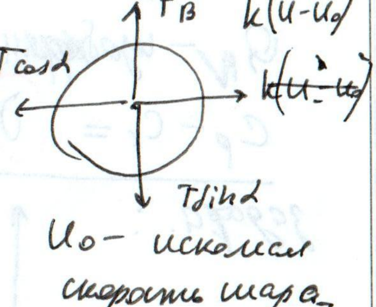
X – длина шнура на земле

T – натяжение шнура в точке крепления к шару.

3.



$$\begin{cases} T\cos\alpha = \mu N = F_{тр.} = k(u-u_0)^2 \\ T\sin\alpha = (L-x)\rho g = F_В. \\ N = x\rho g \\ F_{тр} = \mu N \end{cases}$$



u_0 – искомая скорость шара.

$$tg\,\alpha = \frac{h}{x}$$

$$\mu N = k(u-u_0)^2$$

$$F_В = (L-x)\rho g$$

$$N = x\rho g$$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Беловик

$F_В = \rho g l$

$F_В = k\upsilon^2$

$\rho g l = (L-x)\rho g$

$F_В = \rho g l$

$x = L - l$

$k = \frac{\rho g l}{\upsilon^2}$

$\mu \rho g (x) = k(u-u_0)^2$

$\mu \rho g (L-l) = \frac{\rho g l}{\upsilon^2}(u-u_0)^2$

$\mu\left(\frac{L}{l}-1\right) = \left(\frac{u-u_0}{\upsilon}\right)^2 \Rightarrow u_0 = u - \upsilon\sqrt{\mu\left(\frac{L}{l}-1\right)}$

?

$tg\alpha = \frac{h}{L-x} = \frac{T\sin\alpha}{T\cos\alpha} = \frac{(L-x)\rho g}{\mu x \rho g} = \frac{L-x}{\mu x}$

$h = \frac{(L-x)^2}{\mu x} = \cancel{(L-l)} = \frac{(L-L+l)^2}{\mu(L-l)} = \frac{l^2}{\mu(L-l)}$

+

Ответ: $h = \frac{l^2}{\mu(L-l)}$; $u_0 = u - \upsilon\sqrt{\mu\left(\frac{L}{l}-1\right)}$

!

$h = 0{,}5$ м

Задание 2

вопр: Запишем I начало термодинамики:

Q_p – изо~~хори~~бари. $= C_p\Delta T = A + \Delta U = p\Delta V + \frac{i}{2}\nu R T$

по закону Менделеева – Клайперона:

$pV = \nu RT$ тогда:

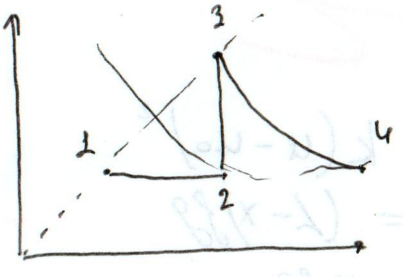
$Q_p = \left(\frac{i}{2}+1\right)\nu R\Delta T = C_p\Delta T$

Q_V – изо~~бари~~ $= C_p\Delta T = \Delta U = \frac{i}{2}\nu R\Delta T$

$C_p - C_V = \nu R$ $\nu = 1$!

(+)

задача:



3

3

$Q_{12} = 75\text{ кДж} = \left(\frac{j}{2}+1\right) A = A + \Delta U$ Беловик

$Q_{2-3} = \Delta U = \frac{j}{2} \cancel{p_2 V} V_2 (p_2 - p_1) = \frac{j}{2} \nu R (T_3 - T_2) = A_{3-4}$

$A_{3-4} = \Delta U = (T_3 - T_2) \frac{j}{2} \nu R$

$Q_{12} = C_p \Delta T_1 = \left(\frac{j}{2} + \cancel{2}1\right) \Delta U_{1-2} = \left(\frac{2}{j}+1\right) \nu R \Delta T_1$

$Q_{23} = C_V \Delta T_2 = \Delta U_{2-3.} = \frac{j}{2} \nu R \Delta T_2$

$Q_{12} = \left(\frac{2}{j}+1\right) \nu R (T_2 - T_1) = \left(\frac{2}{j}+1\right) \nu R \left(\frac{T_3}{2} - T_1\right)$

$Q_{2-3} = \frac{j}{2} \nu R \left(\frac{\cancel{2}T_3 - T_3}{2}\right) = \frac{j}{2} \nu R \frac{T_3}{2} = A_{3-4}$

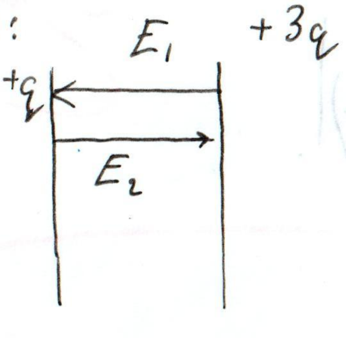
$$\left.\begin{aligned} p_1 V_1 &= \nu R T_1 \\ p_3 V_2 &= \nu R T_2 \\ V k &= p \end{aligned}\right\} \quad \frac{V_1^2}{V_2^2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{2T_1}{T_3.}$$

$Q_{12} = \left(\frac{j}{2}+1\right) p_1 V_1 - p_{\cancel{2}} V_2 = ?$

±

Задание 3:

вопрос:



$U = E_0 d$

$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$

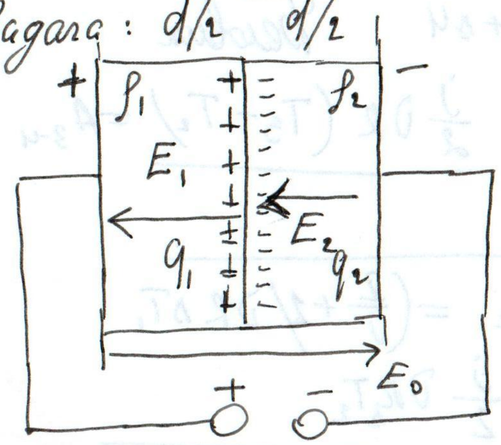
$E_1 = \frac{3q}{2\varepsilon\varepsilon_0 S}$

$E_2 = \frac{q}{2\varepsilon\varepsilon_0 S}$

$E_0 = E_1 - E_2 = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0 S}$; $U = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0 S} d = \frac{q}{C.}$

+

Задача:



$U = \frac{E_0 d}{\cancel{2}}$ Беловик

В проводниках, помещенных в электрическое поле, электрическое поле внутри них отсутствует. ? откуда так?

Остальные электроны двигает E_0.

$E_0 = E_1 - E_2 = \frac{\Delta q}{2S\varepsilon\varepsilon_0}$

$U_1 = \frac{2E_0}{\cancel{d}} =$

~~Δq~~

$U_1 = \frac{E_0 d}{2} = \frac{U_0}{2}$

$$\left.\begin{aligned} I_1 &= \frac{SU_1}{\rho_1 d} \\ I_2 &= \frac{SU_1}{\rho_2 d} \end{aligned}\right\} \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{dq_1}{dt}\cdot\frac{dt}{dq_2} = \frac{q_1}{q_2}$$

Тогда ~~из вопроса следует~~ на обкладках

$$\frac{U}{d} = \frac{|q_1 - q_2|}{2S\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{q_1\left(1-\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)}{2S\varepsilon\varepsilon_0}; \quad C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$$

$\mp$

$|q_1| = \left|\frac{UC}{\left(1-\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)}\right|$ — искомый заряд

Ответ: $|q| = \left|\frac{CU}{\left(1-\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)}\right|$.

Беловик

Задание 4.

Вопрос:

запишем формулу тонкой линзы и формулу увеличения:

$$\underbrace{\Gamma = \frac{f}{d} \qquad \frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}}$$

$$\Gamma = \frac{F}{F-d}$$; d - должно уменьшится

+

Ответ: нужно придвинуть линзу к свече.

Задача.

Ясно, что одно из увеличений мнимое, другое - действительное.

$$\Gamma_1 = \frac{F}{F-d_1} = 2 \Rightarrow F = 2F - 2d_1, \quad d_1 = \frac{F}{2}$$

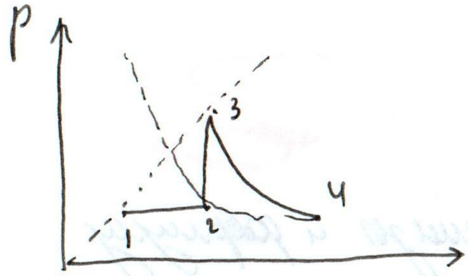
$$\Gamma_2 = \frac{F}{F-d_2} = -3 \Rightarrow F = -3F + 3d_2, \quad d_2 = \frac{4F}{3}.$$

$$d_3 = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{\frac{F}{2} + \frac{4F}{3}}{2} = \frac{F}{4} + \frac{2F}{3} = \frac{11F}{12}$$

$$|\Gamma_3| = \left|\frac{F}{F - \frac{11}{12}F}\right| = \frac{F}{\frac{1}{12}F} = |12| = 12$$

+

Ответ: $|\Gamma_3| = 12$



Черновик

$$Q_{12} = 75\text{ кДж} = \left(\frac{j}{2}+1\right)\cancel{\nu R}(P_1 V_2 - P_1 V_1) = \left(\frac{j}{2}+1\right)P_1(V_2-V_1)$$

$$Q_{2-3} = A_{34} = \cancel{\frac{j}{2}P(V_2-V_1)} = V_2(P_2-P_1)\frac{j}{2} = (kV_2^2 - kV_1V_2)\frac{j}{2}$$

$$Q_{12} = \left(\frac{j}{2}+1\right)(kV_1V_2 - kV_1^2)$$

$$Q_{12} = \left(\frac{j}{2}\right)\nu RT_3 = \frac{j}{2}P_2V_2 = \frac{j}{2}kV_2^2 \qquad T_2 = \frac{T_3}{2}$$

$$Q_{12} = 75\text{ кДж} = \left(\frac{j}{2}+1\right)A = P_1(V_2-V_1) + \frac{j}{2}\nu R(T_2-T_1)$$

$$Q_{23} = \frac{j}{2}\nu RT_3$$

$$Q_{12} = \left(\frac{2}{j}+1\right)\nu R\left(\frac{Q_{23}}{\nu R} - T_1\right)$$

$$\frac{F}{F-d_1} = -2 \qquad F = -2F + 2d_1$$

$$\frac{3F}{2} = d_1$$

$$\frac{F}{F-d_2} = +3$$

$$F = 3F - 3d_2$$

$$3d_2 = 2F$$

$$\frac{F}{F-d_2} = 3 \qquad d_2 = \frac{2F}{3}$$

$$\left(\frac{1{,}5}{0{,}5}-1\right)0{,}5$$

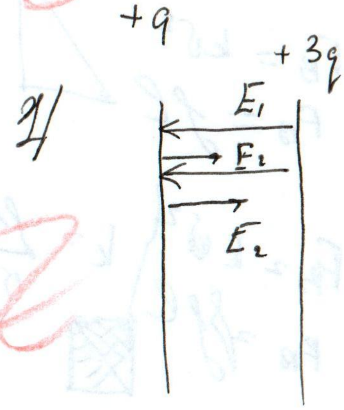
$$h = \frac{0{,}5^2}{0{,}5(1{,}5-0{,}5)} =$$

$$u_0 = 2{,}5 - 3\sqrt{0{,}5(3-1)} = 1$$

Черновик.

вар. 3.

1/



$U = Ed$

$E_1 = \frac{3q}{2\varepsilon}$

$E_2 = \frac{q}{2\varepsilon}$

$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$

$\varepsilon_0 S = \frac{q}{C}$

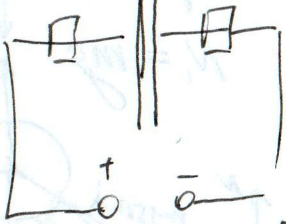
$\varepsilon_0 S = dC$

$U = (E_2 - E_1)d = \frac{2qd}{2S\varepsilon_0} = \frac{\varepsilon}{S\varepsilon_0}d$

$E_1 = \frac{3q}{2S\varepsilon_0}$

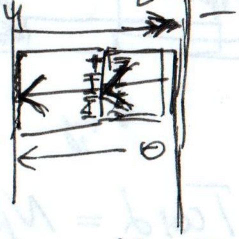
$E_2 = \frac{q}{2S\varepsilon_0}$

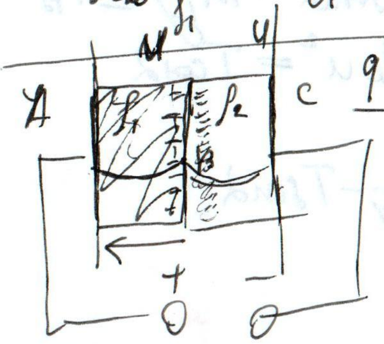
$\mathcal{E}$



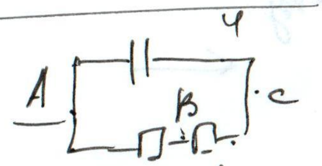
$U = \frac{d}{\varepsilon} d \left(\frac{q}{S\varepsilon_0} C\right) = qC$

$U = \frac{q}{S\varepsilon_0} d = \frac{q}{dC} d = \frac{q}{C}$





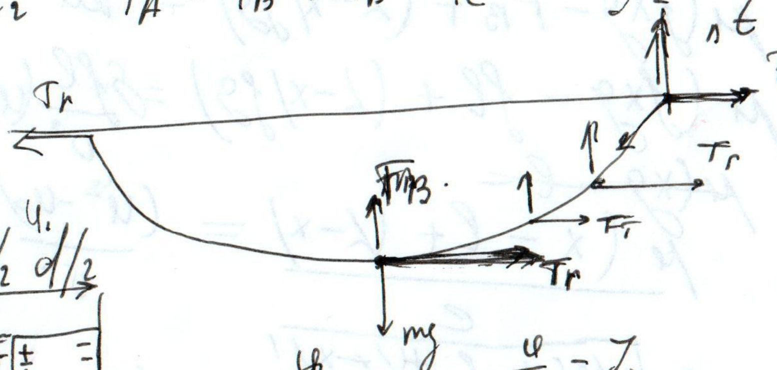
$q = CU$

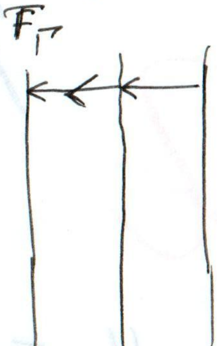


$\varphi_A - \varphi_B + \varphi_B - \varphi_C = \varphi_A - \varphi_C$

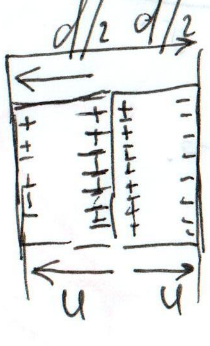
$I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2}$ $\quad U_0 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2}(R_1 + R_2)$

$\frac{I_1}{I_2} = \frac{q_1}{q_2}$ U $\quad \varphi_A - \varphi_B + \varphi_B - \varphi_C$ $\quad I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ $\quad C = \frac{q}{U}$ $\quad U = Ed$



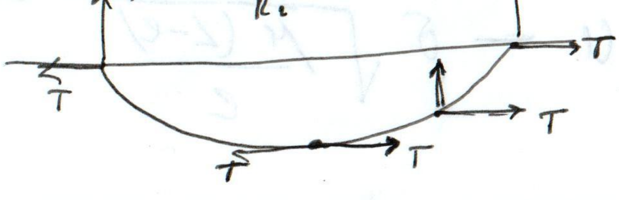


U_1



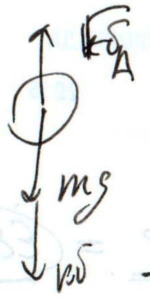
$\frac{U}{R} = I_1$

$\frac{U}{R_2} =$



2/j.

Черновик

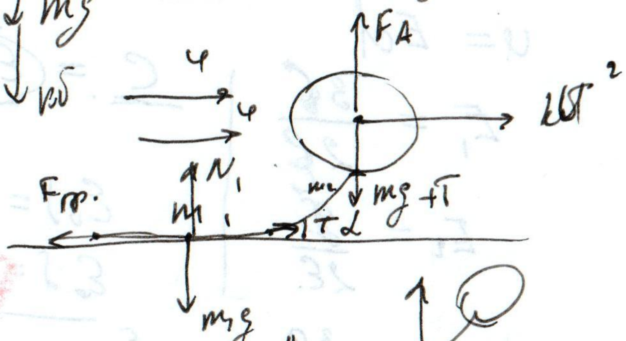


$F_A = mg + kv^2$ $\rho = \frac{m}{\ell}$

$F_A = mg + \rho\ell$

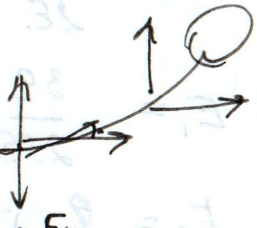
$F_B = kv^2$

$F_B = \rho\ell$



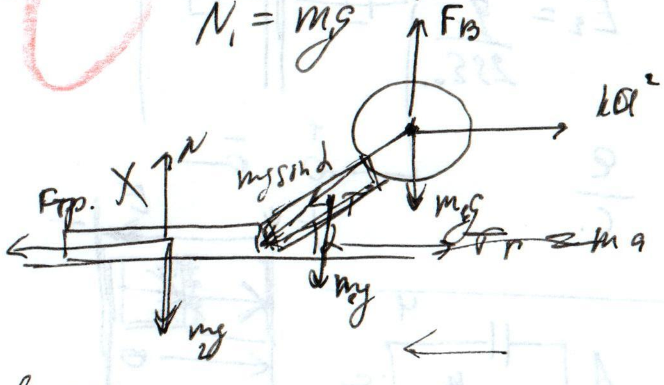
$F_B = k v^2$ $k = \frac{\rho\ell g}{v^2}$

$F_B = \rho g \ell$



$F_{тр} = T$

$N_1 = mg$



~~$T\cos\alpha = \mu m_1 g$~~

$$\begin{cases} \begin{cases} T\cos\alpha = N\mu \\ T\sin\alpha + N = m_2 g \end{cases} \\ T\sin\alpha + m_1 g = F_B \\ ku^2 = T\cos\alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} T\cos\alpha = N\mu \\ \cancel{T\sin\alpha =} N = m_2 g - T\sin\alpha = \rho x g - T\sin\alpha \\ T\sin\alpha = F_B - (L-x)\rho g \\ T\cos\alpha = ku^2 \end{cases}$$

$$\mu(\rho x g - F_B + (L-x)\rho g) = ku^2$$

$$\mu(\rho x g - \rho\ell + (L-x)\rho g) = \frac{\rho g \ell}{v^2}(u^2 - u_0)$$

~~$\mu(xg - \ell -$~~

$$\frac{\mu(x - \ell + (L-x))}{\ell} = \frac{(u^2 - u_0)^2}{v^2}$$

$$u_0 - v\sqrt{\frac{\mu(x - \ell + (L-x))}{\ell}} = u_0.$$

$$u - v\sqrt{\frac{\mu(L-\ell)}{\ell}} = u_0.$$

Черновик.

$Q_{1-2} = Q_{23} = \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}$

$tg\alpha = \frac{4}{(L-x)}$

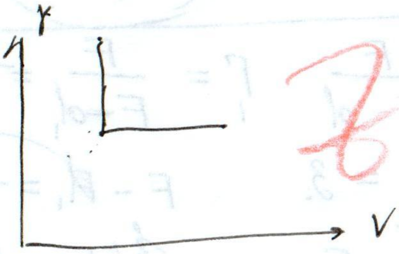
$\frac{T\sin\alpha}{T\cos\alpha} = \frac{\cancel{N_H}}{} = \frac{F_B - f(L-x)g}{m^2}$

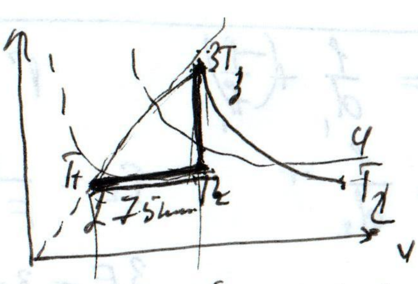
$Q_{12} = 75$ кДж

$T_3 = nT_2$

$A_{34} = \Delta U.$

$T_2 = T_1$





$Q_{12} = \left(\frac{i}{2}+1\right)A = \left(\frac{i}{2}+1\right)p\Delta V = \left(\frac{i}{2}+1\right)p_1(V_2-V_1)$

$Q_{2-3} = \Delta U = \frac{i}{2}\Delta pV_2 = \frac{i}{2}(T_3-T_2)\nu R$

$\cancel{Q_{3-4}} = A_{3-4} = \Delta U = \frac{i}{2}(T_3-T_2)RT$

$Q_{12} = \left(\frac{2}{i}+1\right)\nu R(T_2-T_1)$ $\quad A_{3-4} = \frac{i}{2}(T_3-T_2)\nu R.$

$Q_{2-3} = \frac{i}{2}\nu R(T_3-T_2)$ $\quad p_1V_1 = \nu RT_1 \Rightarrow V_1^2k = \nu RT_1$

$V_2^2k = \nu RT_3$

$Q_{1-2} = (p_2V_2 - p_1V_1)\frac{i}{2} + p_1$

$Q_V = C\Delta T = \Delta U = \frac{i}{2}\nu R\Delta T = \frac{i}{2}(p_1\Delta V) = p_1\Delta V\frac{i}{2}$

$Q_p = C\Delta T = A = \frac{p_1V_1}{p_2V_3} = \frac{T_1}{T_3}$ $\quad$ пусть $p = kV$

$Q_V = C_V\Delta T = \frac{i}{2}\nu R\Delta T = \frac{i}{2}\nu R\Delta T$ $\quad p_2V_2 = kV_2^2$

$Q_p = C_p\Delta T = \frac{i}{2}\nu R\Delta T + p_1\Delta V_1 = \left(\frac{i}{2}+1\right)\nu R T$ $\quad p_1V_1 = kV_1^2$

$C_p - C_V = \nu R$

$Q_1 = 75$ кДж $= \cancel{p_1V_1}\ p_1V_2 + \frac{i}{2}p_1\Delta V = p_1(V_2-V_1)\left(1+\frac{i}{2}\right)$

$Q_2 = \frac{i}{2}V_2\Delta p = \frac{i}{2}V_2(p_2-p_1) = \frac{i}{2}V_2p_2 - \frac{i}{2}p_1V_2 = \frac{i}{2}kV_2^2 - \frac{i}{2}kV_1^2$

$\frac{Q}{p_2V_2} = \frac{p_1V_2}{p_2V_2} - \frac{p_1V_1}{p_2V_2} + \frac{\frac{i}{2}p_1V_2}{p_2V_2} - \frac{\frac{i}{2}p_1V_1}{p_2V_2} = (kVV_2 - kV_1^2)\left(\frac{i}{2}+1\right)$

$\Gamma = \frac{f}{d}$ — действит. изобр. $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} - \frac{1}{F}$ $f = \frac{dF}{F-d}$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$ $\Gamma\downarrow = \frac{F}{(F-d)\uparrow}$ $\frac{1}{f} = \frac{F-d}{dF}$ $\Gamma = \frac{dF}{(F-d)d}$

Черновик

$f =$ $\Gamma = \frac{F}{(F-d)}$

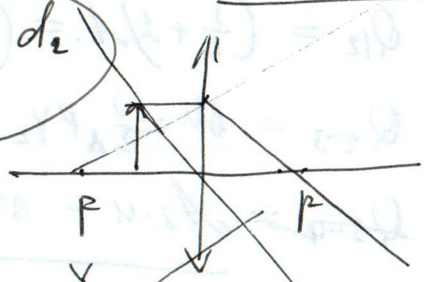
---

1) $\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \left(-\frac{1}{f_1}\right)$ $\Gamma = \frac{F}{F-d}$ $\Gamma_1 = \frac{F}{F-d_1} = -2$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} +$ $\Gamma_2 = \frac{F}{F-d_2} = 3.$ $F - d_1 = -0{,}5F$

$3F - 3d_2 = F$ $1{,}5F = d_1$

$\Gamma = \frac{F}{F-d_3}$; $d_3 =$ $\frac{2F}{3} = d_2$

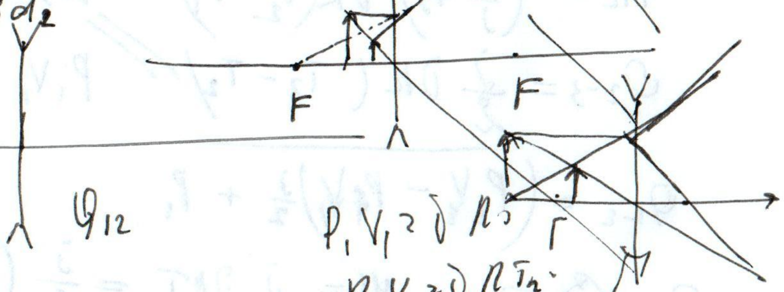


$F = -2F + 2d_1$

$\frac{F}{F-d_2} = -3$

2

$F = -3F - 3d_2$



$\left(\frac{2}{j}+1\right)\nu R(T_2-T_1)/2$ Q_{12}

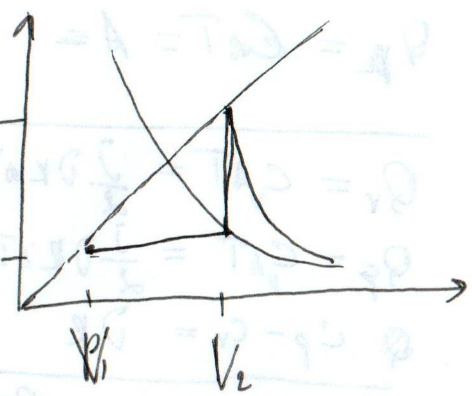
$p_1V_1 = \nu RT_1$

$p_2V_2 = \nu RT_2$

$\frac{j}{2}\nu RT(T_3-T_2) = Q_{23}$

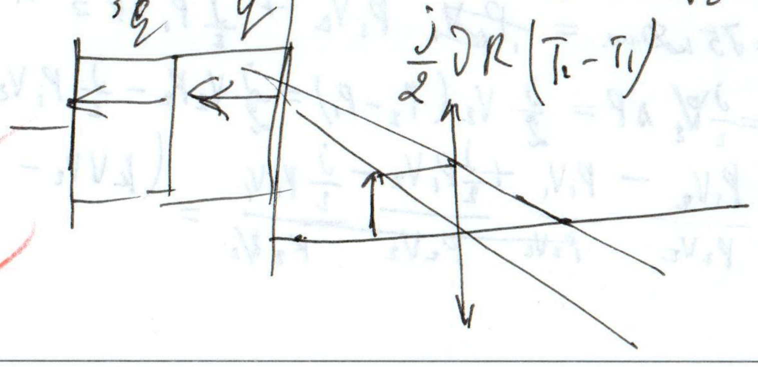
$\left(\frac{2}{j}+1\right)\frac{j}{2}\frac{(T_2-T_1)}{T_3-T_2} = \frac{Q_{12}}{Q_{23}}$

$\left(\frac{j}{2}+1\right)\frac{T_2-T_1}{T_3-T_2} = \frac{Q_{12}}{Q_{23}}$



$\frac{j}{2}\nu R(T_2-T_1)$

3



3

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ