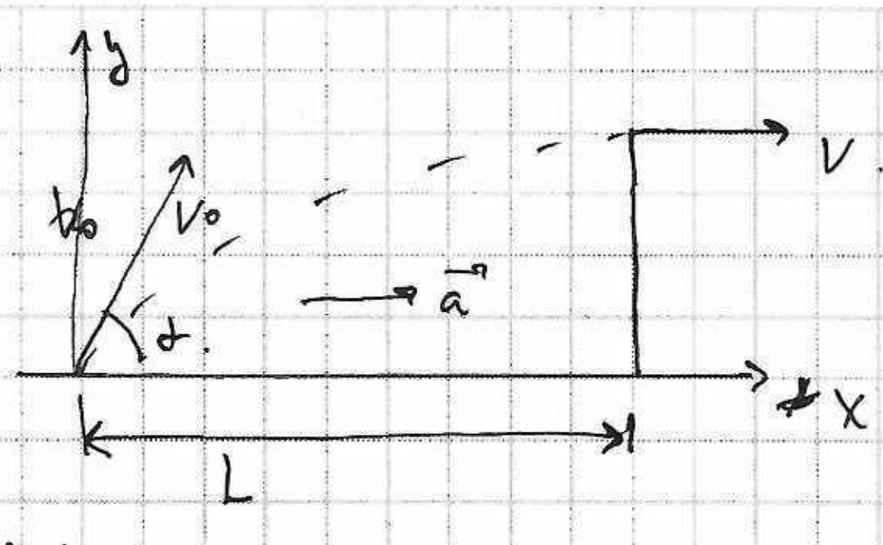
Вариант задания 2

№1.



$t = 0{,}8\,c$; $L = 6{,}4\,м$; $V = V_0$

$V_0 - ?$; $a - ?$

Уравнение движения для Ox:

$$V_x(t) = V_0\cos\alpha + at.$$

$$x(t) = V_0\cos\alpha \cdot t + \frac{at^2}{2}.$$

Oy: $V_y(t) = V_0\sin\alpha - gt.$

$$y(t) = V_0\sin\alpha\, t - \frac{gt^2}{2}.$$

Пусть Переобозначим: $\tau = t = 0{,}8\,c$.

$V_y(\tau) = 0 \Rightarrow V_0\sin\alpha - g\tau = 0 \quad V_0\sin\alpha = g\tau.$

$\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1.$

$X(\tau) = L = V_0\cos\alpha\,\tau + \frac{a\tau^2}{2}$; $V_x(\tau) = V_0 = V_0\cos\alpha + a\tau$

$$\begin{cases} V_0\sin\alpha = g\tau \\ L = V_0\cos\alpha\,\tau + \frac{a\tau^2}{2} \\ V_0 = V_0\cos\alpha + a\tau \end{cases} \Rightarrow \frac{L - \frac{a\tau^2}{2}}{\tau} = V_0\cos\alpha \;|\,1_2 \Rightarrow \frac{\left(L - \frac{a\tau^2}{2}\right)^2}{\tau^2} = V_0^2\cos^2\alpha \quad (4)$$

$V_0\sqrt{1-\cos^2\alpha} = g\tau\;|\,1_2 \Rightarrow V_0^2(1-\cos^2\alpha) = g^2\tau^2$

$V_0^2\sin^2\alpha = g^2\tau^2 \quad (2)$

$(1)+(2) = V_0^2\sin^2\alpha + V_0^2\cos^2\alpha = g^2\tau^2 + \frac{\left(L - \frac{a\tau^2}{2}\right)^2}{\tau^2} = V_0^2$

$$V_0^2 = g^2\tau^2 + \frac{\left(L - \frac{a\tau^2}{2}\right)^2}{\tau^2} \quad (5);$$

$V_0\cos\alpha = V_0 - a\tau\;|\,1_2.$

$V_0^2\cos^2\alpha = |V_0 - a\tau|^2 \quad (3)$

$(2)+(3) = V_0^2\sin^2\alpha + V_0^2\cos^2\alpha = g^2\tau^2 + |V_0 - a\tau|^2 = V_0^2 \quad (4)$

$|4| = |5|$: $\underline{g^2\tau^2} + (V_0 - a\tau)^2 = \underline{g^2\tau^2} + \dfrac{\left(L - \frac{a\tau^2}{2}\right)^2}{\tau^2}$

$\downarrow$ (4)

$V_0 - a\tau = \dfrac{L - \frac{a\tau^2}{2}}{\tau}$ $\Rightarrow V_0 = \dfrac{L - \frac{a\tau^2}{2}}{\tau} + a\tau^2 = \dfrac{2L + a\tau^2}{2\tau} = \dfrac{L}{\tau} + \dfrac{a\tau}{2} =$

$= 8 + a \cdot 0,4$

Подставим в (5): $g^2\tau^2 + \dfrac{\left(L - \frac{a\tau^2}{2}\right)^2}{\tau^2} = (8 + a \cdot 0,4)^2$.

$64 + \dfrac{(6,4 - a \cdot 0,32)^2}{0,64} = 64 + 0,16a^2 + 6,4a$

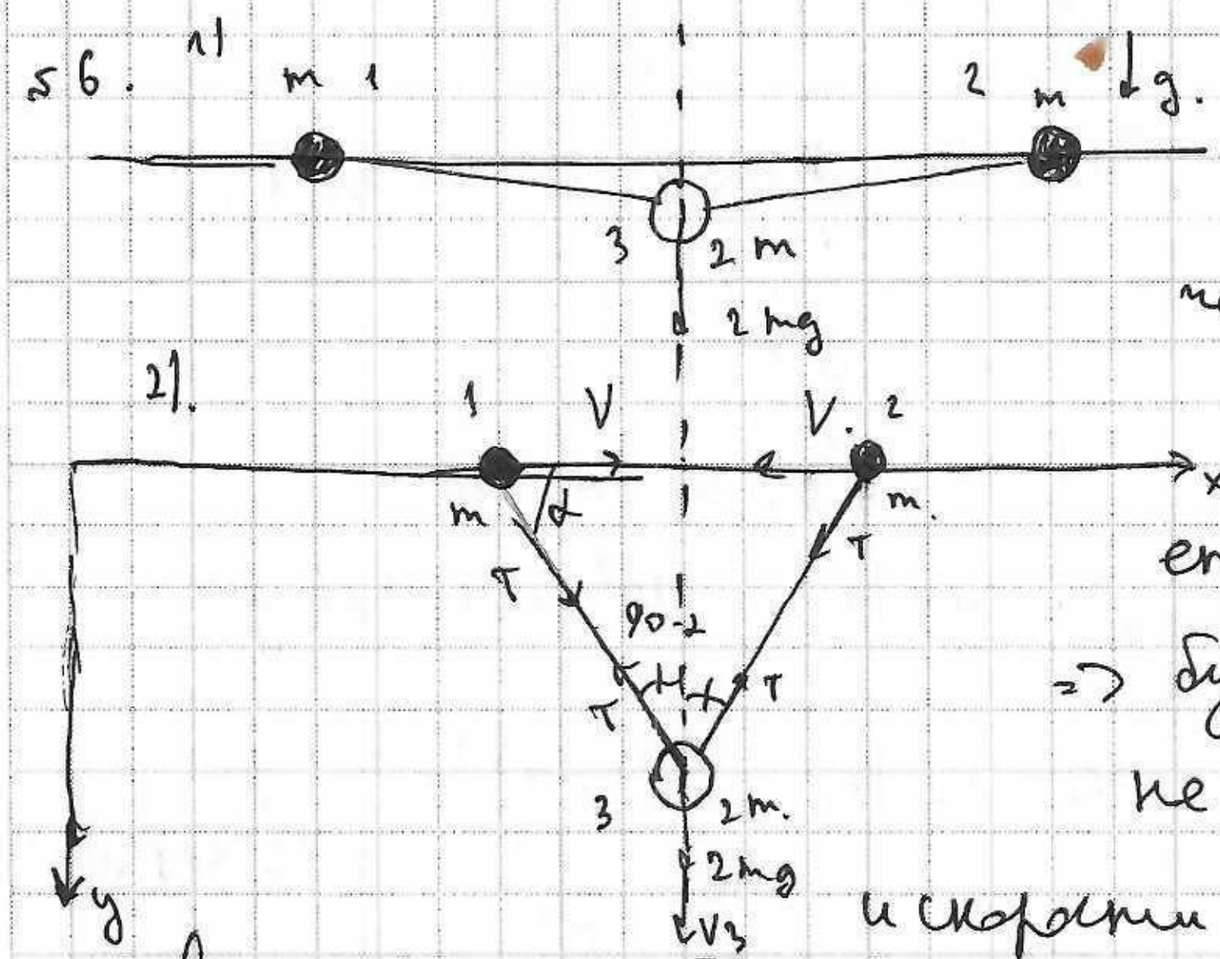
$40,96 + 0,1024a^2 - 4,096a = 0,1024a^2 + 4,096a$.

$8,192a = 40,96 \Rightarrow a = \dfrac{40,96}{8,192} = 5\ м/с^2$.

$V_0 = 8 + 5 \cdot 0,4 = 10\ м/с$.

Ответ: $V_0 = 10\ м/с$; $a = 5\ м/с^2$.

№6.



1) В силу симметрии 1 отн. верт. плоскости, проходящей через бусинку в центре, силы натяжения направлены симметрично отн. этой оси $\Rightarrow$ бусинка по горизонтали не смещается. Ускорения и скорости бусинок по бокам будут равными по той же причине.

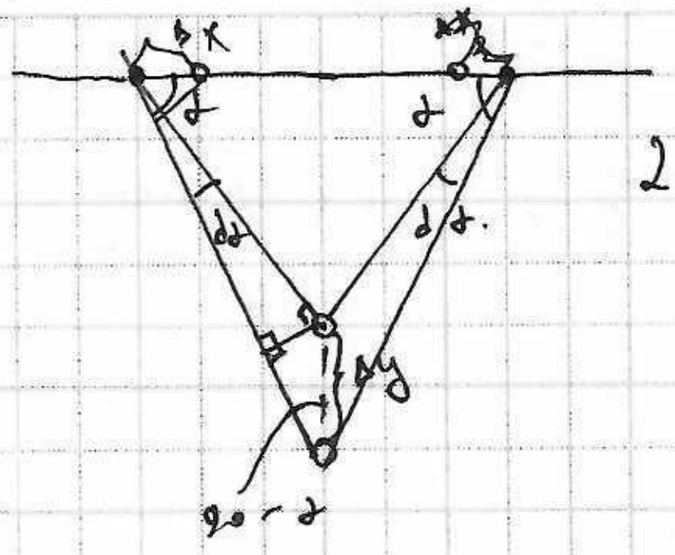
II з-н Ньютона. на Ox для 1 бусинки: $ma_1 = T\cos\alpha$.

на Oy для 3-й: $2ma_3 = 2mg - 2T\sin\alpha$

$2\Delta x\cos\alpha = \Delta y\sin\alpha$. $\dfrac{2\Delta x}{\cos\alpha} = \dfrac{\Delta y\sin\alpha}{2}$. $2\Delta y\sin\alpha = 2\dfrac{\Delta x}{\cos\alpha}$

$ma_3 = mg - \dfrac{ma_1}{\cos\alpha}\sin\alpha$ $a_3 = g - \dfrac{a_1}{\cos\alpha}\sin\alpha$.

olymp.bmstu.ru



Жест. связь: $a = |a_2| = |a_1|$; $V_2 = |V_1| = |V_2|$

$2\Delta y \sin\alpha = \Delta l = 2\Delta x \cos\alpha \Rightarrow \Delta y \sin\alpha = \Delta x \cos\alpha$.

$\downarrow$

$a_3 \sin\alpha = a\cos\alpha$. ~~$\Rightarrow a = a_3 \operatorname{tg}\alpha$.~~

$\downarrow$

$V_3 \sin\alpha = V\cos\alpha$. $\Rightarrow V_3 = V\operatorname{ctg}\alpha$.

ЗСЭ: $2mgh = \frac{mV_3^2}{2} + 2\cdot\frac{mV^2}{2}$

$2gh = V_3^2 + V^2 = V^2\operatorname{ctg}^2\alpha + V^2 = V^2\left(\frac{1}{\operatorname{tg}^2\alpha} + 1\right) = V^2\left(\frac{\cos^2\alpha}{\sin^2\alpha} + 1\right) =$

$= V^2\left(\frac{1}{\sin^2\alpha}\right) = 2gh$. $V^2 = 2gh\sin^2\alpha \Rightarrow V = \sin\alpha\sqrt{2gh}$

$\sin\alpha = \frac{h}{\frac{l}{2}} = \frac{2h}{l} = \frac{0{,}45\cdot 2}{1{,}5} = \frac{0{,}9}{1{,}5} = \frac{9}{15} = \frac{3}{5}$; $\cos\alpha = \frac{4}{5}$.

1) $V = \frac{3}{5}\cdot\sqrt{20\cdot 0{,}45} = \frac{3}{5}\cdot 3 = \frac{9}{5}$ м/с. $\approx 1{,}8$ м/с.

$V_3 = \frac{9}{5}\cdot\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} = \frac{9}{5}\cdot\frac{4}{3} = 2{,}4$ м/с.

2) $\begin{cases} ma_1 = T\cos\alpha \Rightarrow \\ 2ma_3 = 2mg - 2T\sin\alpha \Rightarrow ma_3 = mg - T\sin\alpha \\ a_3\sin\alpha = a_1\cos\alpha \Rightarrow a_3 = a_1\operatorname{ctg}\alpha \end{cases}$

$\begin{cases} ma_1 = T\cos\alpha \Rightarrow \\ ma_1\operatorname{ctg}\alpha = mg - T\sin\alpha \Rightarrow T\cos\alpha\cdot\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} = mg - T\sin\alpha \end{cases}$

$T\left(\frac{\cos^2\alpha}{\sin\alpha} + \sin\alpha\right) = mg$ $\quad T\cdot\left|\frac{1}{\sin\alpha}\right| = mg \Rightarrow T = mg\sin\alpha = \frac{3}{5}\cdot 0{,}1\cdot 10 =$

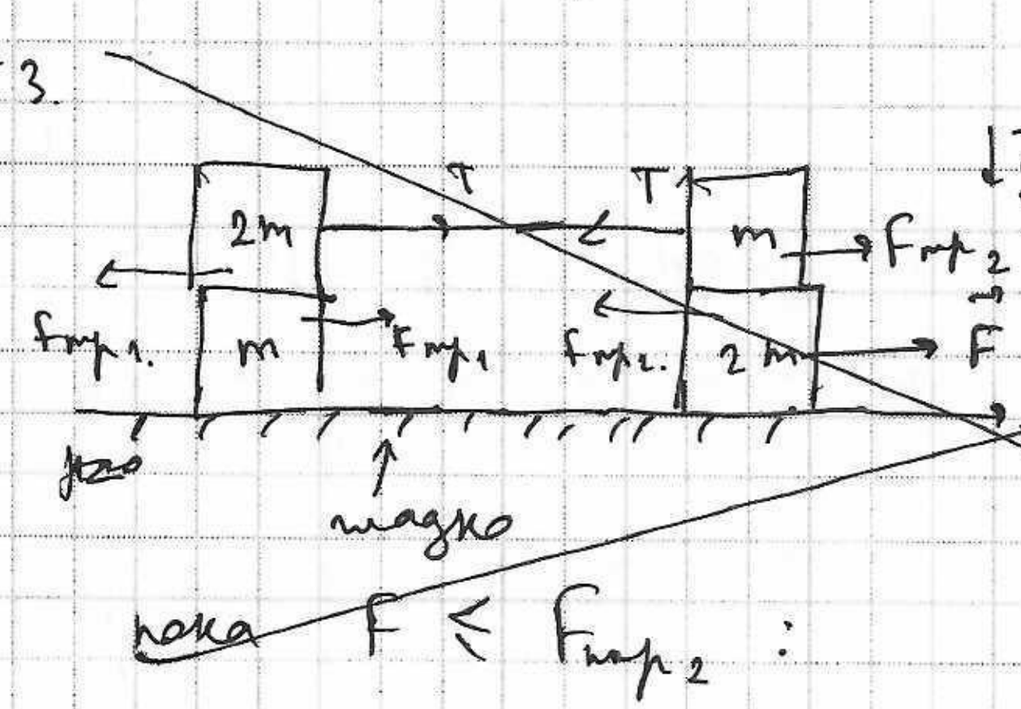
$= 0{,}6$ Н.

Можно использовать оборот листа для записи решений

Ответ: 1| $V_1 = V_2 = 1{,}8$ м/с ; $V_3 = 2{,}4$ м/с

2| $T = 0{,}6$ Н.

№3.



пока $F \leq F_{тр_2}$:

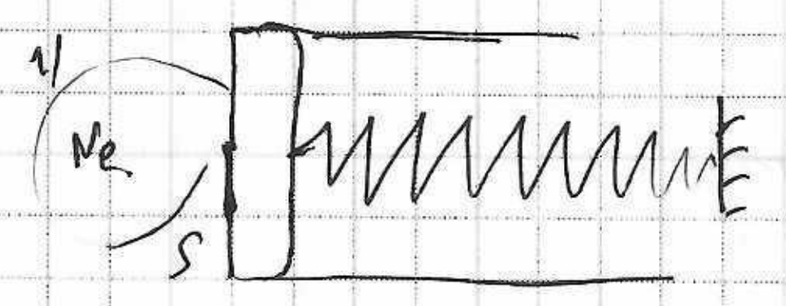
$\mu = 0{,}5$; $T_0 = 10$ Н ; $F(t)$,

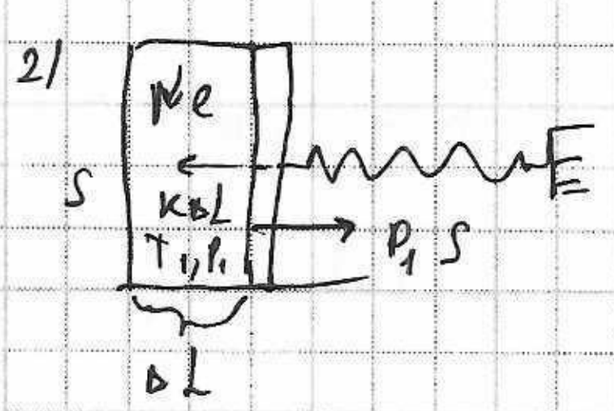
$m = 2$ кг

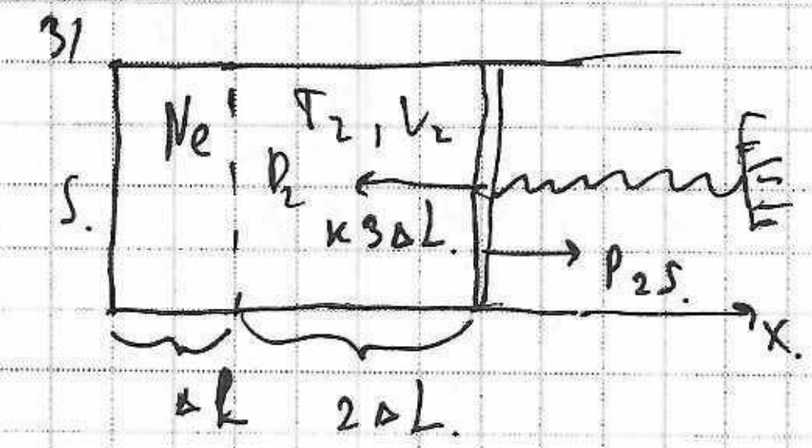
$F_{тр_2} = \mu m g$; $F_{тр_1} = \mu 2mg = 2\mu mg$

$\Delta L_2 = 5 \cdot 10^{-2}$ м

№4.



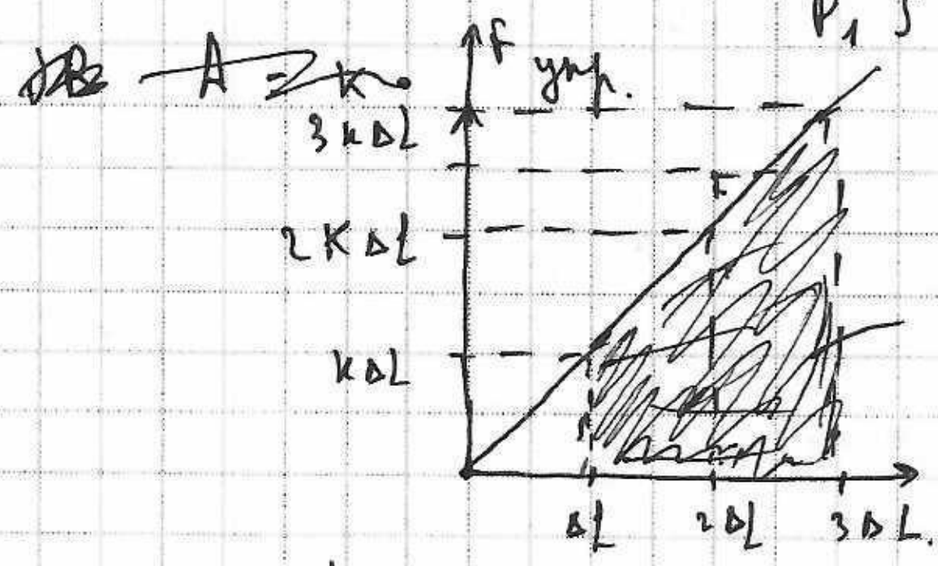




I. $P_1 S = k \Delta L$; $P_2 S = 3 k \Delta L$.

$Q = A + \Delta U = A + \frac{3}{2} \nu R \Delta T$.

$P_1 S \Delta L = \nu R T_1$; $P_2 \cdot 3 S \Delta L = \nu R T_2$.



$A = \frac{3k\Delta L + k\Delta L}{2} \cdot 2\Delta L = 4 k \Delta L^2$

$PS = kX$. $\Rightarrow P = \frac{kX}{S}$; $PV = \nu R T$

$P\,dV + V\,dP = \nu R\,dT$.

$V = XS \Rightarrow dV = S\,dX$. ; $dP = \frac{k}{S} dX$.

$\nu R\,dT = \frac{kX}{S} \cdot S\,dX + XS \cdot \frac{k}{S} \cdot dX = 2kX\,dX$.

$\nu R \Delta T$ $\nu R (T_2 - T_1) = 2kX \cdot 2k \cdot \Delta L \cdot 2\Delta L = 4k\Delta L^2$.

$\nu R\,dT = 2k\,d\frac{X^2}{2}$ $\Rightarrow \nu R (T_2 - T_1) = 2k \left(\frac{9\Delta L^2}{2} - \frac{\Delta L^2}{2} \right) =$

$= k \cdot 8 \Delta L^2 = 8k\Delta L^2$. $\rightarrow Q = 4k\Delta L^2 + \frac{3}{2} \cdot 8k\Delta L^2 = 16k\Delta L^2$

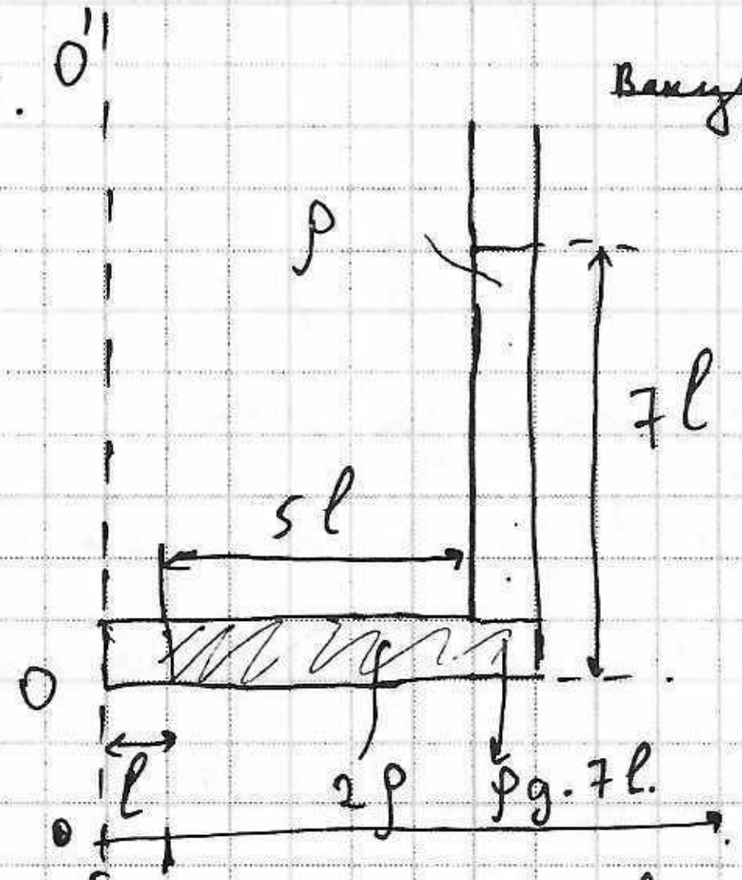
olymp.bmstu.ru

$Q = 16 k \Delta L^2 = 12 \cdot 10^3$ Дж $\Rightarrow$ $k \Delta L^2 = 750$ Дж

$A = 4 k \Delta L^2 = 4 \cdot 750 = 3000$ Дж.

Ответ: 3000 Дж.

55.



$\omega - ?$; $T = const$.

Вакуум. ($P_0 = 0$ Атм).

~~1) $F = \rho S \omega^2$~~

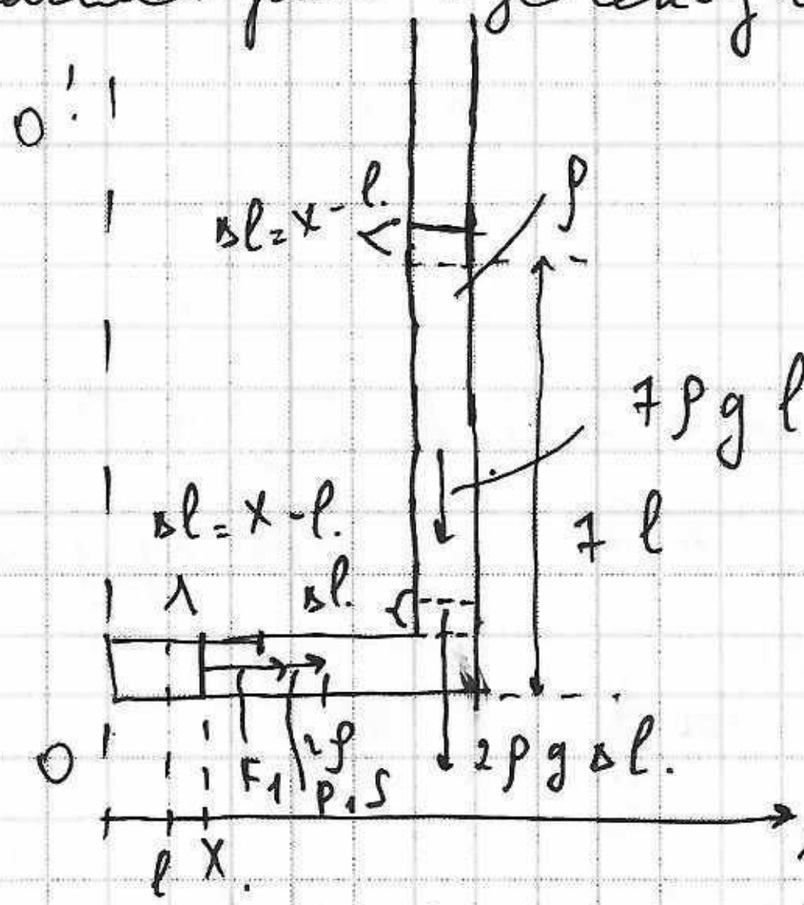
1) ~~Запишем II з-н Ньютона для маленького куска длиной Δl.~~

1) Запишем II з-н Ньютона для куска жидкости пл-ти 2ρ на расстоянии r от OO': $ma_{y.c} = F \Rightarrow F = 2\rho S dl$

$F = ma_{y.c} = 2\rho S dl \cdot \omega^2 r = 2\rho dl \cdot \omega^2 r = 2\rho \omega^2 r S dl = 2\rho \omega^2 r dV$.

~~Далее~~ Рассмотрим ~~кусок~~ кусочек границы раздела: $F = \rho g \cdot S dl$ $ma = F - F_2 = 2\rho \omega^2 r dV - \rho g \cdot 7l$.

Рассмотрим кусочек границы воздуха и жидкости:



~~$F_{\text{д}} = ma_{y.c} = 2\omega^2 X \cdot \rho S dl \cdot S$.~~

На него действует $\vec{F}_A$ со стороны жидкости (и воздуха):

$\vec{F}_A = m_{\text{бл.}} (\vec{a}_{y.м} - \vec{g}) = m_{\text{б.м}} \vec{a}_{y.м}$.

II'

o''

по III з-ну Ньютона на жидкость действует ($-\vec{F}_A$): $F_A = 2\rho S X \cdot \omega^2 \cdot \frac{X}{2}$.

~~Запишем закон~~

$F_A = \rho S X^2 \omega^2$;

Т.к. $T = const$, то $PV = const$:

$P_0 S l = P_1 S (X)$. $\Rightarrow P_1 S = \frac{P_0 S l}{X}$; $P_0 = 7\rho g l$.

$P_1 S = \dfrac{7\rho g \ell^2 S}{\ell X}$; II з-н Ньютона на OX:

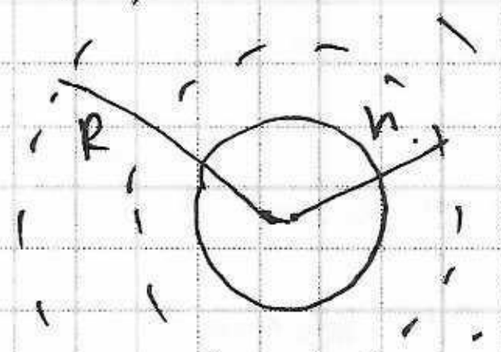
$ma = F_A + P_1 S - (7\rho g \ell + 2\rho g \Delta\ell) S$

когда $X = 2\ell$, а $\Delta\ell = \ell$: $a = 0$.

$0 = \rho S \omega^2 \cdot 4\ell^2 + \dfrac{7\rho g \ell^2 S}{2\ell} - 9\rho g \ell S$ ~~$= \rho\omega^2 \cdot 4\ell^2$~~

$\rho\omega^2 \cdot 4\ell^2 = \dfrac{18\rho g\ell - 7\rho g\ell}{2} = \dfrac{11\rho g \ell}{2} \Rightarrow \omega = \sqrt{\dfrac{11g}{8\ell}}$.

Ответ: $\omega = \sqrt{\dfrac{11g}{8\ell}}$

52. 

R - ? Решение: т.к. второй спутник совершает двадцать за день и в одно и то же время!!!!, то это значит, что когда он проходит через станцию, то это его период. т.к. $T_1 = 2T_0$, где $T_0 = 24$ ч - период планеты. $\Rightarrow \omega_2 = 2\omega_0$. У первого спутника $\omega_1 = \omega_0$, т.к. он "висит" над станцией.

по Закону Кеплера: $\left(\dfrac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2 = \left(\dfrac{R_1}{R_2}\right)^3 \Rightarrow \left(\dfrac{1}{2}\right)^2 = \left(\dfrac{R_1}{R_2}\right)^3$

Т.к. $\left(\dfrac{R_1}{r}\right)^3 = \dfrac{1}{4}$ $\quad \dfrac{R_1}{r} = \sqrt[3]{\dfrac{1}{4}} \approx 0,63 \Rightarrow R_1 = 0,63r$.

$r - R = 0,37 \cdot r - 0,63r = 0,37r$

Ответ: $0,37r$

53. Уравнение р-ции: $4Al + 3O_2 \longrightarrow 2Al_2O_3 + O_{2\text{изб}}$!

Очевидно: $\dfrac{2\nu Al_2}{2} \quad \dfrac{2Al}{3O} \Rightarrow$ для прореагир. кол-ва кислорода: $\dfrac{\nu(Al)}{\nu(O)} = \dfrac{2}{3}$.

$O_{2\text{изб}} = \dfrac{0,72}{2} = 0,36_2$ $\quad O_{2\text{прореаг}} = 0,36_2 \Rightarrow \nu(O) = \dfrac{0,36}{M(O)} =$

$= \dfrac{0,36}{16}$ г. $\quad \dfrac{\nu(Al)}{0,36} = \dfrac{2}{3} = \dfrac{\nu(Al) \cdot 16}{0,36 \cdot 12} = \dfrac{8}{8} = 1$. $\quad \nu_{Al} = \dfrac{0,12}{8} = 0,015$ моль

$m_{Al} = M_{Al} \cdot \nu_{Al} = 0,015 \cdot 27 = 0,405$ г.

olymp.bmstu.ru

$m_{ид} = 0,4052.$

~~Q =~~ $q = 495$ кДж/моль.

$Q = q\nu_1 = q \cdot \frac{\frac{1}{5} m_{O_2}}{M_{O_2}} = q \cdot \frac{\frac{0,72}{5}}{32} = 2227,5$ Дж.

~~Q =~~ $Q = \Delta U = U_1 - U_0$.

$U_0 = \frac{5}{2} \nu R T \quad p = \frac{5}{2} \cdot \frac{0,72}{32} \cdot 8,31 \cdot 293 = 137$ Дж.

$U_1 = \frac{5}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_1 = \frac{5}{2} \cdot \frac{\frac{72}{125}}{32} R T_1 + \frac{3}{2} \cdot \frac{\frac{0,72}{5}}{16} R T_1 =$

$= R T_1 \cdot \frac{117}{2000}$.

$R T_1 \cdot \frac{117}{2000} = \underbrace{2227,5}_{Q} + \underbrace{137}_{U_0}$.

$T_1 = 4863,9$ K.

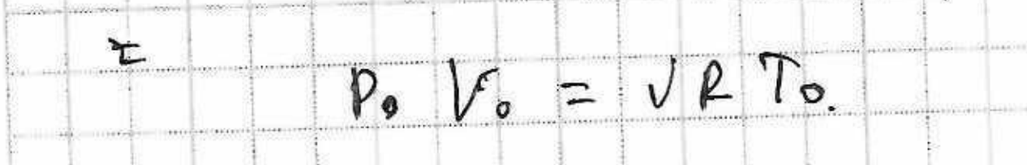
т.к $\nu_2 = const$: $\frac{p_0}{T_0} = \frac{p_1}{T_1} \Rightarrow p_1 = \frac{p_0}{T_0} T_1 =$

$= p_0 V_0 = \nu R T_0 \quad p_0 = \frac{\nu R T_0}{V_0} = 547836,75$ Па.

$p_1 = \frac{547836,75}{293} \cdot 4863,9 = 909427,7$ Па $=$

$=$ ~~909~~ Ответ: 1) 0,4052 2) $P = 909427,7$ Па.

№3.



1) $2ma = F - \mu mg$.

2) $ma = \mu mg - T$.

3) $2ma - 2\mu mg = T$.

4) $3ma = 2\mu mg \Rightarrow a = \frac{2}{3}\mu g$.

$T + 2\mu mg = F - \mu mg$

~~$F = T + 3\mu mg = 10 + 3 \cdot 0,5$~~.

$4\mu mg = F - \mu mg$ $\quad F = 5\mu mg \Rightarrow \frac{F}{5\mu g}$

$2\mu mg = \mu mg - T \Rightarrow T = ?$ $\quad F = 50\,Н.$

$2\mu mg = \mu mg - T \Rightarrow T = \mu mg \Rightarrow$ нить не натянута

$t = 60\,с$

$\frac{\Delta F}{\Delta t} = \frac{5}{6}$ $\quad \frac{\Delta t}{\Delta F} = \frac{6}{5}$ $\quad t = \frac{6}{5} \cdot 50 = 60\,с.$

Ответ: 60 с.

