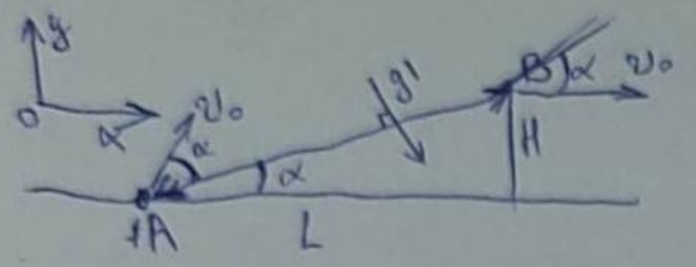
1) Воспользуемся фактом, что при броске тела на горизонтальной плоскости начальная скорость по модулю равна конечной:



$v_1 = v_2$

по ЗСЭ, $0 + \frac{mv_1^2}{2} = 0 + \frac{mv_2^2}{2}$

из ЗСЭ также следует, что такая ситуация единственна.

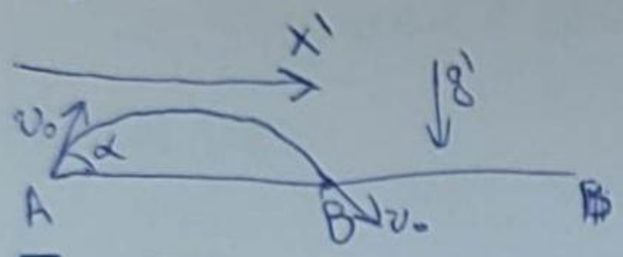


$\cos\alpha = \frac{10}{5\sqrt{5}}$

$\sin\alpha = \frac{5}{5\sqrt{5}}$

Соединим точки A и B и введем эффективное ускорение g'

$g' = \sqrt{a^2+g^2}$



$\bar{g'} \perp \overline{AB}$

$\overline{AB}$ представляется в виде $(L;H) = (10;5)$

$\bar{g'} \perp \overline{AB} \Rightarrow \bar{g'} = (5;-10) = (\bar{a}_x; \bar{g}_y)$ $\quad |g'| = 5\sqrt{5}$

т.к. $\bar{a}$ и $\bar{g}$ параллельны одной из осей ($\bar{a} \parallel OX$, $\bar{g} \parallel OY$)

$a = 5$ м/с

~~Ответ 5 м/с~~

$AB = 5\sqrt{5}$ м

время полета равно двойному времени подъема

$v = v_0 - g't$

$v(t_{подъема}) = 0$

$v_0 - g't_{под} = 0$

$t_{под} = \frac{v_0}{g'}$

$t = \frac{2v_0}{g'}$

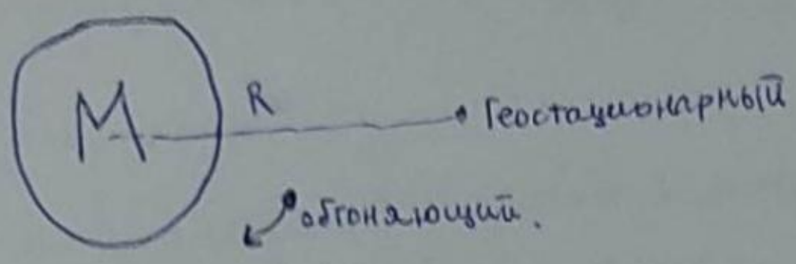
Положение оси X':

$x' = v_0 \cos\alpha t$

$x' = \frac{2v_0^2 \cos\alpha}{g'} = 5\sqrt{5}$

$v_0 = \sqrt{\frac{x'g'}{2\cos\alpha}} = 8{,}36 \frac{м}{с}$

2)



$\omega_з = \frac{2\pi}{1 \text{ сутки}}$

$a_н = \omega_з^2 R$

$a_н = G\frac{M}{R^2}$

По закону Всемирного тяготения

$F = G\frac{Mm}{R^2}$

$a_н = \frac{F}{m} = G\frac{M}{R^2}$

$\omega_з^2 R = G\frac{M}{R^2}$

для обгоняющего:

угловая скорость отн. планеты: $\frac{2\pi}{\text{сутки}} = \omega_з$

угловая скорость в ИСО: $2\omega_з$, т.к. спутник обгоняет планету.

$a'_н = 4\omega_з^2 R$

$a'_н = G\frac{M}{r^2}$

$4\omega_з^2 r = G\frac{M}{r^2}$

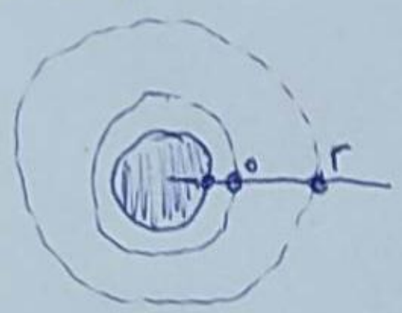
$\frac{a_н}{a'_н} = \frac{\omega_з^2 R}{4\omega_з^2 r} = \frac{G\frac{M}{R^2}}{G\frac{M}{r^2}}$

$\frac{1}{4} = \frac{r^2}{R^2}$

$2r = R$, $r = \frac{R}{2}$

орбита обгоняющего спутника в два раза меньше геостационарной орбиты.

Расстояние между спутниками минимально, когда они оба находятся над базой



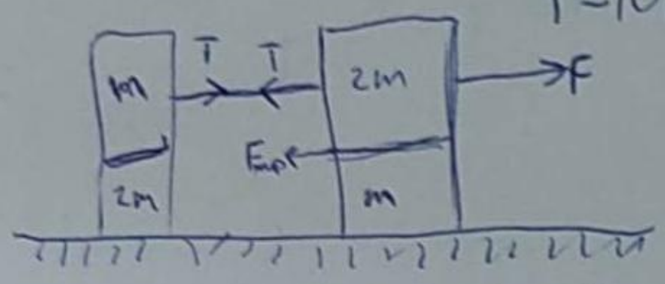
$d_{min} = R/2$

Ответ: $d_{min} = \frac{R}{2}$

3) Конструкция может разрушиться по трем причинам:

1) Разрыв нити
2) Доска скольжение в правой колонне
3) скольжение в левой колонне.

1) разрыв нити



Ускорение всей системы:

$a_0 = \frac{F}{6m} = \frac{F}{6кг}$

Ускорение левой колонны совпадает с ускорением всей системы:

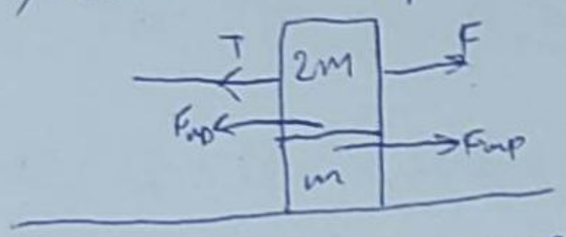
$a_0 = \frac{T}{3m} = \frac{10H}{3кг} = \frac{10H}{3кг}$

$\frac{F}{6кг} = \frac{10H}{3кг}$

$F = 20H$

когда $F > 20H$, нить порвется.

2) скольжение в правой колонне.



Ускорение всей системы:

$a_0 = \frac{F}{6m}$

Ускорение всей системы совпадает с ускорением нижнего блока.

$a_0 = \frac{F_{тр}}{m}$

$F_{тр} = \mu N$

$N = 2mg$

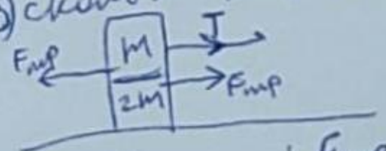
$F_{тр} = 10H$

$\frac{F_{тр}}{m} = \frac{F}{6m}$

$F = 60H$

Если $F > 60H$, правая колонка начнет скользить

3) скольжение в левой колонне.



$a_0 = \frac{F}{6m}$

$a_0 = \frac{F_{тр}}{2m}$

$F_{тр} = \mu mg$

$F_{тр} = 5H$

$\frac{F_{тр}}{2m} = \frac{F}{6m}$

$F = 15H$

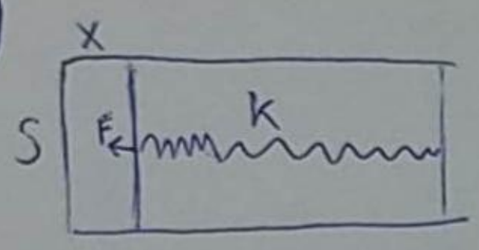
Если $F > 15H$, левая колонна начнет скользить

Наименьшая сила, при которой система разрушится $F_{min} = 15H + 0H$

Когда $F = 15H$, система все еще стоит, поэтому $t = 18c$

Ответ: $t = 18c$.

4)



$F = kx$

$F_д = pS$

Равновесие поршня:

$F = F_д$

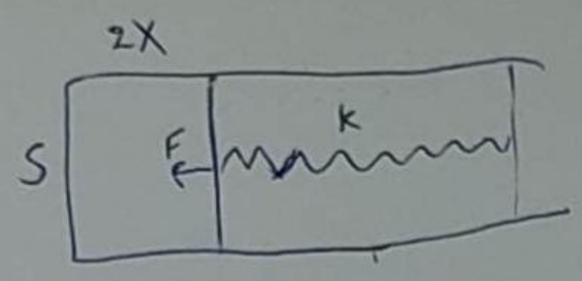
$pV = \nu RT \longrightarrow kx^2 = \nu RT$ (1)

$p = \frac{kx}{S}$

$V = xS$

$U = \frac{3}{2}\nu RT$

$Q = \frac{3}{2}\nu RT$



$F' = 2kx$

$F'_д = p'S$

$F' = F'_д$

работа потрачена на сжатие пружины

$A = \frac{k(2x)^2}{2} - \frac{kx^2}{2} = \frac{3kx^2}{2} = 1{,}5\ кДж \Rightarrow kx^2 = 1\ кДж$

$p'V' = \nu RT'$

$p' = \frac{2kx}{S}$

$V' = 2xS$

$4kx^2 = \nu RT'$ (2)

$U' = \frac{3}{2}\nu RT'$

$Q' = \frac{3}{2}\nu RT' + A$

$\frac{(1)}{(2)}: \frac{kx^2}{4kx^2} = \frac{\nu RT}{\nu RT'}$

$\frac{1}{4} = \frac{T}{T'}$

$T' = 4T$

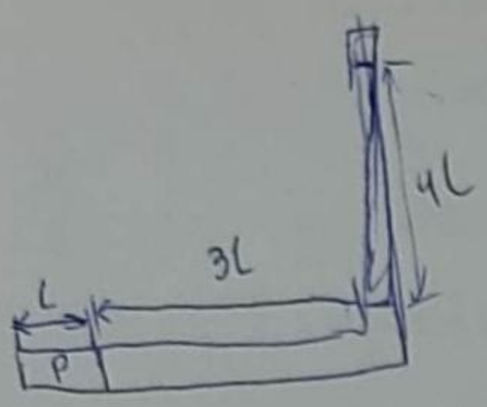
$U' = 4U = 4 \cdot \frac{3}{2}\nu RT = 6\,kx^2 = 6\ кДж$

$Q = \frac{3}{2}\nu RT = \frac{3}{2}kx^2 = \frac{3}{2}\ кДж$

$\Delta Q = Q' - Q = 7{,}5\ кДж - 1{,}5\ кДж = 6\ кДж$

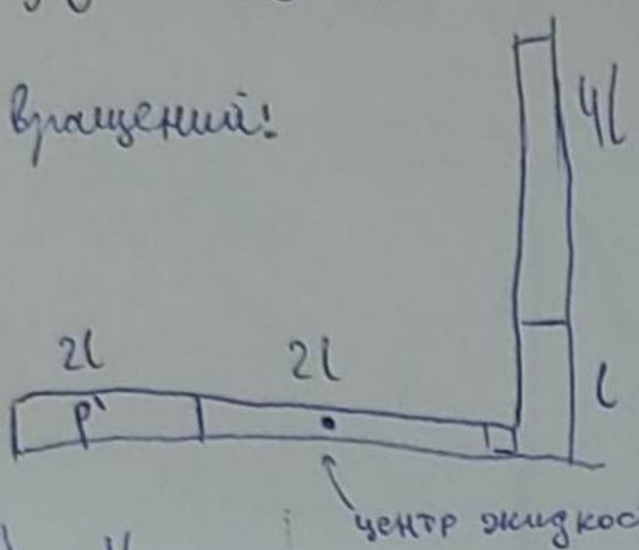
Ответ: $\Delta Q = 6\ кДж$.

5)



$P = \rho g \cdot 4L = 4\rho g L$ давление воздуха

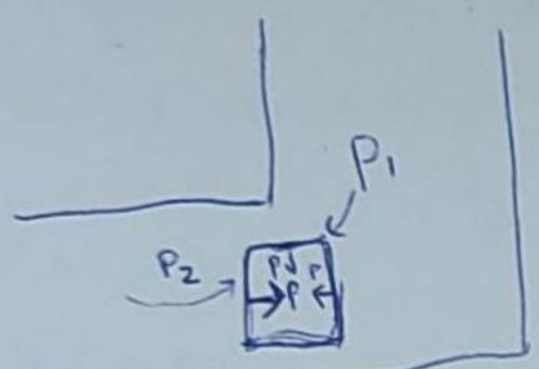
При вращении:



$P'V' = PV$ | $V' = 2LS$

$P' = \frac{P}{2} = 2\rho g L$ | $V = LS$

Рассмотрим маленький кубик жидкости вблизи перегиба трубки:



$P_1 = P_2$, т.к. кубик маленький

$P_1 = 4\rho g L + 2\rho g L = 6\rho g L$

$P_2 = P' + P_{вр}$

Из-за вращения на горизонтальную жидкость 2L действует "центробежная" сила:

$F = m\omega^2 R$ (в СО трубки жидкости неподвижны, F горизонтальна) ~~в неявном~~

т.к. F меняется зависит от радиуса, то ее можно приложить к центру жидкости:

$F = m\omega^2 \cdot 3L$

$m = S \cdot 2L \cdot 2\rho = 4\rho SL$

$F = 4\rho SL^2\omega^2 \cdot 3 = 12\rho SL^2\omega^2$

$P_{ер} = \frac{F}{S} = 12\rho L^2\omega^2$

$P_2 = P' + P_{ер} = 2\rho g L + 12\rho L^2\omega^2$

$P_1 = P_2$

$4\rho g L = 12\rho L^2\omega^2$

$gL = 3L^2\omega^2$

$g = 3L\omega^2$

$\omega^2 = \frac{g}{3L}$

$\omega = \sqrt{\frac{g}{3L}}$

Ответ: $\omega = \sqrt{\frac{g}{3L}}$

6) продолжение.

Т.к. ответ о положении ~~Ly~~ средней бусинки нужен только через 2 часа, рассчитываю скорости бусин.

$h = y = 0{,}45$ м

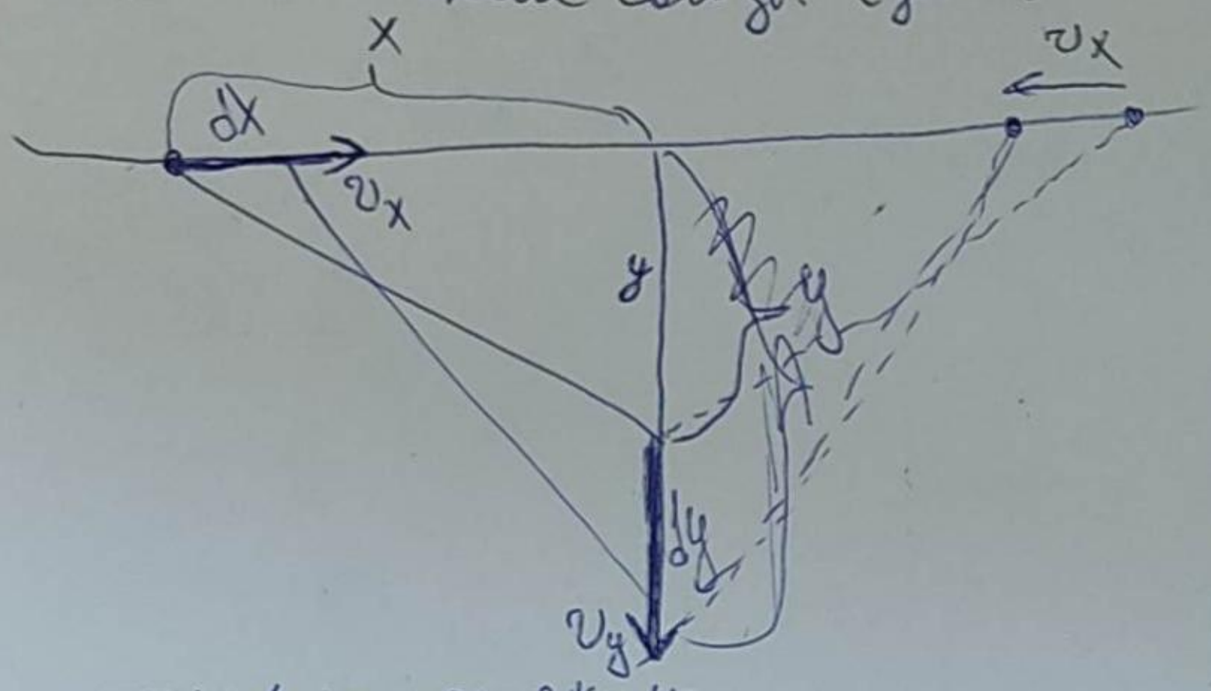
$v_1 = \sqrt{\frac{3}{14} g h} = \frac{3}{\sqrt{54}} \frac{м}{с}$

$v_2 = \frac{6\sqrt{54}}{14} \frac{м}{с}$

$v_3 = \frac{3}{\sqrt{54}} \frac{м}{с}$

б) В задаче не указано изначальное положение бусинки, поэтому установить скорости бусинок невозможно. Однако можно установить отношение скоростей бусинок.

Кинематическая связь: (за dt)



т.к. нить нерастяжима:

$$X^2 + y^2 = (X - dX)^2 + (y + dy)^2$$

$$X^2 + y^2 = X^2 - 2X\,dX + d^2X + y^2 + 2y\,dy + d^2y$$

($d^2X \to 0$, $d^2y \to 0$)

$$2X\,dX = 2y\,dy$$

$$X\,dX = y\,dy$$

$$dy = \frac{X}{y}\,dX \quad | : dt$$

$$v_y = \frac{X}{y} v_x$$

$$X = \frac{S}{2} = 0{,}6\ м$$

$$y = \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 - \left(\frac{S}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{L^2 - S^2}}{2} = 0{,}45\ м$$

$$v_y = \frac{4}{3} v_x$$

Пусть средняя бусинка опустилась на h, тогда

$$mgh = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} + \frac{mv_3^2}{2}$$

$$2mgh = mv_1^2 + mv_2^2 + mv_3^2$$

Зная отношение скоростей $\left(v_2 = \frac{4}{3}v_1;\ v_1 = v_3\right)$

$$2mgh = mv_1^2 + \frac{16}{9}mv_1^2 + mv_1^2$$

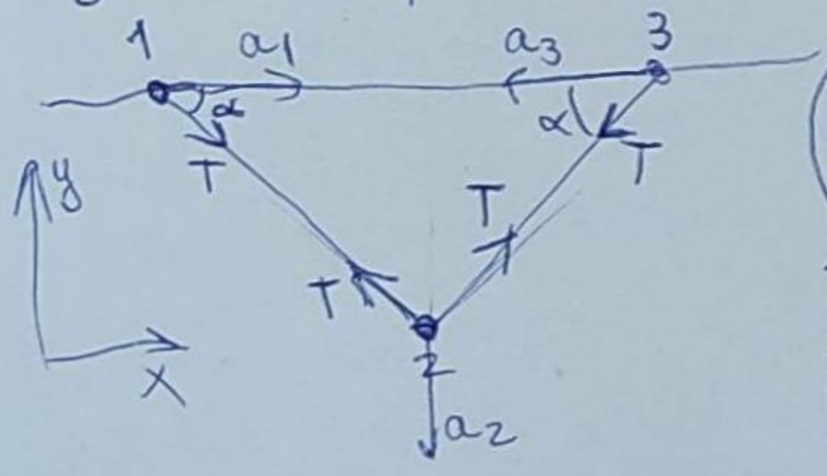
$$2mgh = \frac{34}{9}mv_1^2$$

$$\frac{9}{17}mgh = mv_1^2$$

$$\frac{9}{17}gh = v_1^2$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{9}{17}gh} \qquad v_2 = \frac{4}{3}\sqrt{\frac{9}{17}gh} \qquad v_3 = \sqrt{\frac{9}{17}gh}$$

Из симметрии, скорость третьей бусинки тоже v_x.



$$\begin{cases} ma_1 = T\cos\alpha \\ -ma_3 = -T\cos\alpha \\ ma_2 = 2T\sin\alpha - mg \\ a_{1y} = a_{3y} \\ a_2 = \frac{4}{3}a_3 \ \text{(кин. связь)} \end{cases}$$

$$a_1 = a_3$$

$$a_1 = \frac{T\cos\alpha}{m}$$

$$a_2 = \frac{4}{3}a_1$$

$$\frac{4}{3}ma_1 = 2T\sin\alpha - mg$$

$$\frac{4}{3}T\cos\alpha = 2T\sin\alpha - mg$$

$$\frac{4}{3}T\cdot 0{,}8 = 2T\cdot 0{,}6 - mg$$

$$T\left(\frac{4}{3}\cos\alpha - 2\sin\alpha\right) = -mg$$

$$T\left(2\sin\alpha - \frac{4}{3}\cos\alpha\right) = mg$$

$$T = \frac{mg}{2\sin\alpha - \frac{4}{3}\cos\alpha} = 7{,}5\,Н$$

Ответ: $v_1 = v_0$, $v_2 = \frac{4}{3}v_0$, $v_3 = v_0$; $T = 7{,}5\,Н$

Ситуационная задача)

Сгорание алюминия:

$$4Al + 3O_2 \longrightarrow 2Al_2O_3$$

$p = 5 \cdot 10^4$ Па

$V = 0{,}001\ м^3$

$T = 293$ K

$PV = \nu RT$

$\nu = \frac{PV}{RT} = 0{,}02$ моль

$n(O_2) = \nu = 0{,}02$ моль

$m(O_2) = n(O_2) \cdot M(O_2) = \frac{5}{7}$ г

$m_{ост}(O_2) = \frac{m(O_2)}{2} = \frac{5}{14}$ г

$m_{реакт}(O_2) = \frac{5}{14}$ г

$n_{реакт}(O_2) = 0{,}01$ моль

$n(Al_2O_3) = \frac{n_{реакт}(O_2)}{3} \cdot 2 = \frac{1}{150}$ моль

$m(Al_2O_3) = n(Al_2O_3) \cdot M(Al_2O_3) = \frac{1}{150}$ моль $\cdot 102 \frac{г}{моль} = 0{,}68$ г

$\boxed{m(Al_2O_3) = 0{,}68 г}$

Чтобы реакция имела производственный смысл, требуется, чтобы Al_2O_3 в конце реакции остался в твердом состоянии.

Пусть температура плавления Al_2O_3 будет немного больше $200°C = 473K = T'$

тогда $p'V = \frac{\nu}{2} RT'$

$p' \approx 4 \cdot 10^4$ Па $= 0{,}4$ атм

Максимальное давление может быть и больше. Оно зависит от теплоемкости Al_2O_3, количества теплоты, выделившейся в результате химической реакции, начальной температуры алюминия.

Ответ: $m(Al_2O_3) = 0{,}68$ г

$p' = 0{,}4$ атм