

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

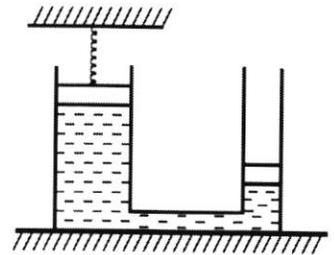
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.

1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?

2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. На горизонтальной поверхности расположены два цилиндрических сообщающихся сосуда (см. рис.), в которых налита жидкость плотности ρ . На свободных поверхностях жидкости находятся лёгкие поршни. Зазоров между стенками сосудов и поршнями нет. Левый поршень соединён пружиной жёсткости k с верхней опорой. Разность уровней жидкости в сосудах равна h . Площадь сечения левого поршня S , правого $S/2$. Трение поршней о стенки сосудов пренебрежимо мало. Ускорение свободного падения g .



1) Найдите деформацию x пружины.

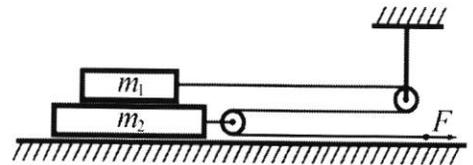
2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная G . Объём шара $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

1) Найдите ускорение g свободного падения на расстоянии $2R$ от центра планеты.

2) Найдите период T обращения спутника.

4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков $m_1 = 2m$, $m_2 = 3m$. Коэффициент трения скольжения нижнего бруска по столу и верхнего бруска по нижнему равен μ . Массы нити и блоков, а также трение в осях блоков пренебрежимо малы.



1) Найдите величину F_0 горизонтальной силы, которую следует приложить к свободному концу нити, чтобы нижний брусок скользил по столу, а сила трения, действующая на верхний брусок, была равна нулю.

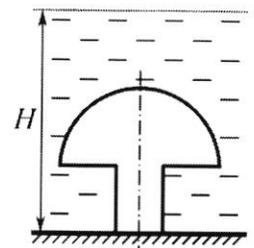
2) Найдите величину F минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

5. Ко дну бассейна глубиной $H=2,5$ м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции $V = 8$ дм³, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей $S = 20$ см². Плотность воды $\rho = 1$ г/см³, атмосферное давление $P_0 = 100$ кПа.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

1) Найдите давление P_1 вблизи дна.

2) Найдите величину F силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 7. m - масса камня

2) $v_0 = 12 \frac{m}{c}$
 $t - ?$
 $h - ?$

По закону сохр. полной мех. эн-гии
 $E_1 = E_2; E_1 = E_{p1} + E_{k1} = \frac{mv_0^2}{2}$
 $E_2 = E_{k2} + E_{p2} = mgh + \frac{m(\frac{v_0}{3})^2}{2} = mgh + \frac{mv_0^2}{18}$

$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{mv_0^2}{18} \quad | \times 18;$ $9v_0^2 = 18gh + v_0^2; 8v_0^2 = 18gh; \boxed{h = \frac{4v_0^2}{9g}}$

$h = \frac{4 \cdot 144 \frac{m^2}{c^2}}{8 \cdot 9 \cdot 10 \frac{m}{c}} = \frac{4 \cdot 4^2 \cdot 3^2}{8 \cdot 705} \frac{m}{c} = \frac{32}{5} \frac{m}{c} = 6,4 \text{ м}$

1) \vec{v}_0 за $t - ?$

По 3-му изменению скорости
 $\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{a}t; \vec{v} = \frac{\vec{v}_0}{3}; \vec{a} = \vec{g} \Rightarrow$
 $0x: \frac{v_0}{3} = v_0 - gt \quad | \times 3; v_0 = 3v_0 - 3gt$
 $3gt = 2v_0; \boxed{t = \frac{2v_0}{3g}}$ $t = \frac{2 \cdot 12 \frac{m}{c}}{3 \cdot 9 \cdot 10 \frac{m}{c}} = \frac{4}{5} c = 0,6 c$

Ответ: 1) $t = 0,6 c$; 2) $h = 6,4 \text{ м}$.

№ 3. $h = 0,5R, R, \rho, G$
 $g(2R) - ?$
 $T - ?$

m_3 - масса планеты

Разместим тело массой m на расстоянии $2R$ от центра планеты. На него действует гравитационная сила со стороны планеты и она равна mg .

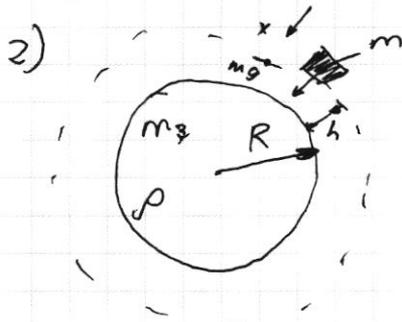
Итак: $mg = G \frac{m_3 \cdot m}{(2R)^2}; g = G \cdot \frac{m_3}{4R^2}; \rho = \frac{m_3}{V};$

$m_3 = \rho V = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4}{3} \pi \rho R^3$ $g = G \cdot \frac{4\pi \rho R^3}{3 \cdot 4R^2}$

$\boxed{g = G \cdot \frac{\pi \rho R}{3}}$

см. на след. стр. (№ 2)





2) m - масса спутника. По II 3-му закону Ньютона $m\vec{g} = m\vec{a}$; \vec{a} - центростремительное ускорение спутника, а mg (или ускорение вращения) = $G \frac{m_3 m}{(R+h)^2}$; или: $G \cdot \frac{m_3 m}{(R+h)^2} = ma$; $a = \omega^2 (R+h)$

ω - угл. скорость спутника; $G \cdot \frac{m_3 \rho R}{(R+h)^2} = \rho \cdot \omega^2 (R+h) \left| \times \frac{1}{R+h} \right.$

$$\omega^2 = G \cdot \frac{m_3}{(R+h)^3} \quad \text{С другой стороны } \omega = \frac{2\pi}{T};$$

$$\frac{4\pi^2}{T^2} = G \cdot \frac{m_3}{(R+h)^3}; \quad T^2 = \frac{4\pi^2 \cdot (R+h)^3}{G \cdot m_3}; \quad T = 2\pi (R+h) \cdot \sqrt{\frac{R+h}{G \cdot m_3}}$$

$$R+h = R+0,5R = 1,5R; \quad m_3 \text{ - у нас находим} = \frac{4}{3}\pi \rho R^3$$

$$T = 2\pi R \cdot \sqrt{\frac{3R \cdot 3}{2 \cdot G \cdot 4\pi \rho R^3}} = 2\pi R \cdot \sqrt{\frac{3^2}{2 \cdot 2^2 \pi G \rho R^2}} = \cancel{2\pi R \cdot \sqrt{\frac{3^2}{2 \cdot 2^2 \pi G \rho R^2}}}$$

$$= 2\pi R \cdot \frac{3}{2R} \cdot \sqrt{\frac{1}{2\pi G \rho}}$$

Ответ: 1) $g = G \cdot \frac{\pi \rho R}{3}$; 2) $T = 4,5\pi \cdot \sqrt{\frac{1}{2\pi G \rho}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5.

$$H = 2,5 \text{ м}$$

$$V = 8 \text{ м}^3$$

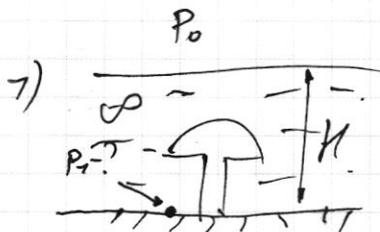
$$S = 20 \text{ см}^2$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$P_0 = 100 \text{ кПа}$$

$P_1 = ?$

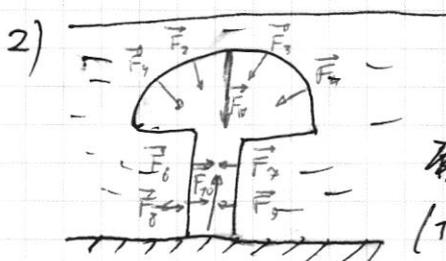
$F = ?$



P_1 складывается из атм. давл. и гидростатического.

$$P_1 = \rho g H + P_0$$

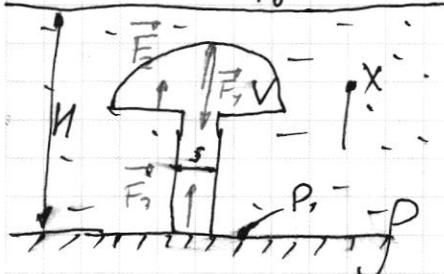
$$P_1 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 2,5 \text{ м} + 100 \text{ кПа} = 25000 \text{ Па} + 100 \text{ кПа} = 125 \text{ кПа}$$



Покажем силы, действующие на конструкцию со стороны воды.

Покажем, что $\vec{F}_6 + \vec{F}_2 \dots \vec{F}_4 + \vec{F}_3 = \vec{0}$ (т.к. центр не движется влево-вправо)

В силу симметрии $\vec{F}_2 + \vec{F}_3$; $\vec{F}_4 + \vec{F}_5 \dots$ складываются в одну силу кот. $\uparrow \vec{F}_1$. Переписываем картинку рисунка и уже сложив силы:



Сила Архимеда равна сумме сил $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{F}_A; \text{ ох: } F_A = F_2 + F_3 - F_1$$

(сила \vec{F}_4 направлена вниз)

Искомая сила $F = F_1 - F_2$ (предполагаем, что она направлена вверх)

$F_1 - F_2 = F_3 - F_A$; $F_3 = P_1 S$ (т.к. на одном нр-ом уровне давлние равно, а площадь S в воде)

$$P_1 = \rho g H + P_0; F_A = \rho g V. \text{ Итого: } F = (\rho g H + P_0) S - \rho g V =$$

$$= \rho g H S + P_0 S - \rho g V = \rho g (H S - V) + P_0 S; \boxed{F = \rho g (H S - V) + P_0 S}$$

$$F = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot (2,5 \text{ м} \cdot 20 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 - 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3) + 100 \cdot 10^3 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot 20 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 200 \text{ Н} - 0,003 \cdot 10000 \text{ Н} = 200 \text{ Н} - 30 \text{ Н} = 170 \text{ Н} \text{ (как и ожидалась: сила направлена вверх)}$$

Ответ: 1) $P_1 = 125 \text{ кПа}$; 2) $\vec{F} = 170 \text{ Н}$, вертикально вверх.

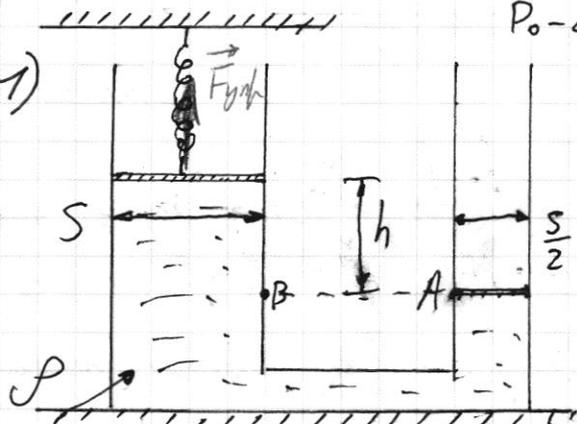


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 7
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2.
 ρ, h, S, ρ, k
x-?



P_0 - атм. давл.

Завесим в т. А и в т. В
одинаковое (они находятся
на одной горизонтальной
уровне):

$$P_A = P_B; \quad P_A = P_0$$

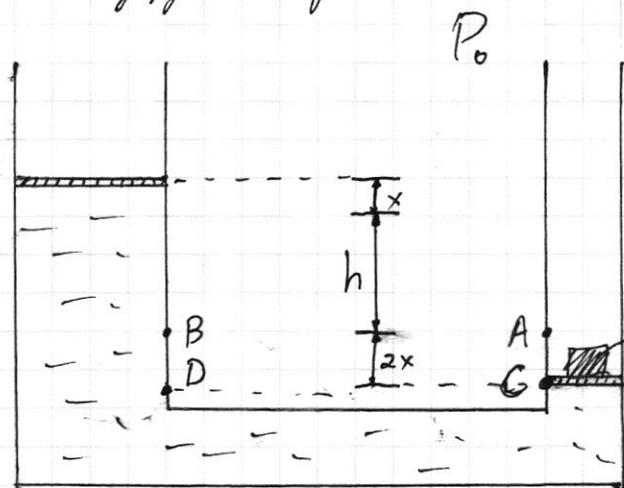
$$P_B = P_0 + \rho g h - F_{ynh} / S$$

~~$P_0 = P_0 + \rho g h - F_{ynh} / S$~~
 ~~$kx \cdot S = \rho g h$~~
 ~~$\rho g h = F_{ynh} / S$~~
 ~~$F_{ynh} = kx$~~

$$P_B = P_0 + \rho g h - \frac{F_{ynh}}{S}; \quad P_0 = P_0 + \rho g h - \frac{F_{ynh}}{S}; \quad \frac{F_{ynh}}{S} = \rho g h$$

По закону Гука $F_{ynh} = kx$; $\frac{kx}{S} = \rho g h \Rightarrow x = \frac{\rho g h S}{k}$

2) Чтобы пружинка стала идеформированной, левый поршень
должен подняться на x , но тогда правый поршень опустится
на $2x$, т.к. у правого поршня площадь попереч. сечения меньше в 2 раза.
Сила упругости будет отсчитываться.



Аналогично $P_C = P_D$

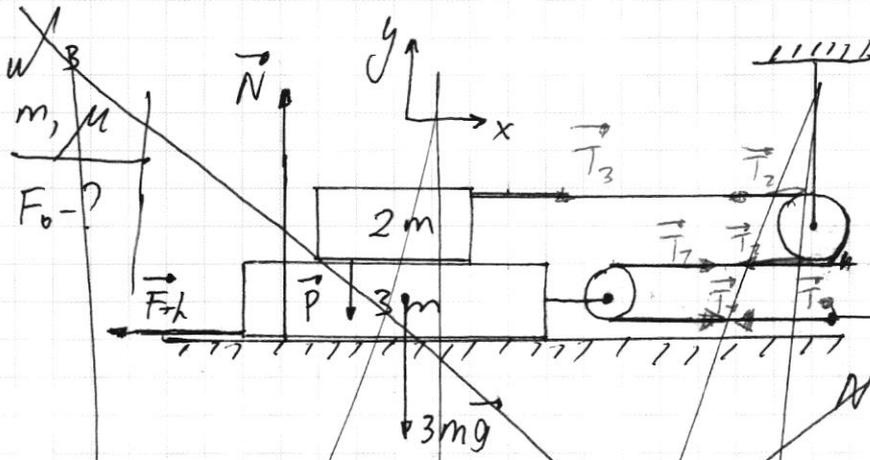
$$P_D = P_0 + \rho g (h + 2x)$$

~~$P_C = P_0 + \rho g (h - 2x)$~~

$$P_C = P_0 + \frac{2mg}{S} \quad (mg - \text{вес пружины})$$

$$P_0 + \rho g (h + 2x) = P_0 + \frac{2mg}{S} \Rightarrow x = \frac{2mg}{\rho g S}$$

ан. на след. стр. (№6)



По 3-му закону Ньютона:

$$2\vec{T}_1 + \vec{P} + 3m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{tr} = \vec{0}$$

ок: $2T_1 - F_{tr} = 0$
 ок: $3mg + P - N = 0$

$N = 3mg + P$; ~~$P = 2mg$~~

~~(т.к. верхний блок не движется в вертикальной плоскости, то по 3-му закону Ньютона)~~

~~$P = 2mg$ (вес верхнего блока, он тоже имеет только, потому что не движется в вертикальной плоскости)~~

~~$N = 3mg + 2mg = 5mg$; Тогда скажем $\Rightarrow F_{tr} = \mu N = 5\mu mg$~~

~~$2T_1 = 5\mu mg$. Равновесие $\Rightarrow F_0 = T_0$; т.е. весов.~~

~~$\Rightarrow T_0 = T_1 = T_2 = T_3$~~

~~← это не считаем~~

~~$\rho S(h+3x) = 2mg$; $m = \frac{\rho S(h+3x)}{2}$~~

~~$m = \frac{\rho S(h + \frac{3\rho g h S}{k})}{2}$~~

Ответ: 1) ~~$x = \frac{\rho g h S}{k}$~~ $x = \frac{\rho g h S}{k}$

2) $m = \frac{\rho S(h + \frac{3\rho g h S}{k})}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$E_n = \frac{mv_0^2}{2}$; $E_k = mgh + \frac{mv_0^2}{2}$

$4 \cdot 4^2 \cdot 3^2$

$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{mv_0^2}{2}$

$v(t) = at$

$\frac{v_0}{3} = v_0 - gt$

$v = \omega^2 r$

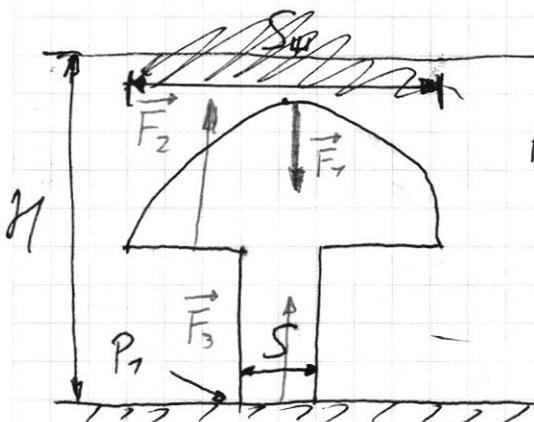
$mg =$

$G \cdot \frac{m_3 \cdot m_1}{(h+R)^2} = m \cdot \omega^2 r$

$(R+h)^3 = (1,5R)^3$

$\omega = 257 \text{ T}$

Найти: $(F_1 - F_2) - ?$



$F_A = F_2 + F_3 - F_1$

$F_1 - F_2 = F_3 - F_A$; $F_3 = P_1 S$

$P_1 = (\rho g H + P_0)$

$F_1 - F_2 = (\rho g H + P_0) S - \rho g V =$

$= \rho g H S + P_0 S - \rho g V = \rho g (H S - V) + P_0 S =$

$= 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot (2,5 \cdot 10^{-4} \cdot 20 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 - 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3) + 100000 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot 20 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 =$

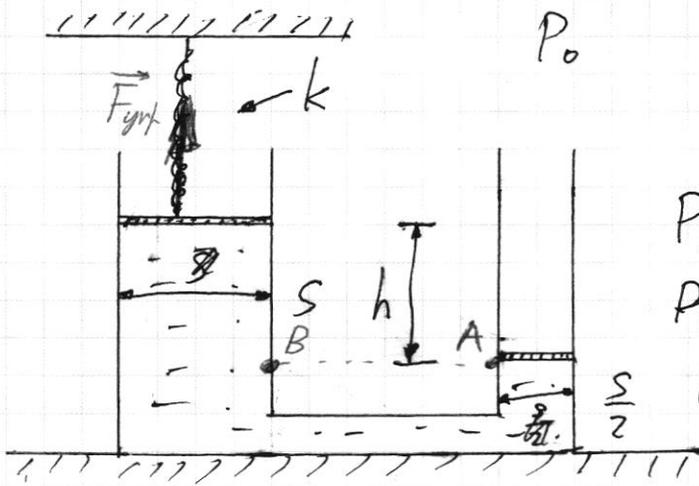
$= 70000 \cdot (50 \cdot 10^{-7} - 8 \cdot 10^{-3}) + 2000000 \cdot 10^{-3} = 10000(-0,003) + 200 =$

$0,005 - 0,008 = -0,003$; $2,5 \cdot 10000 = 25 \cdot 1000$

$2000000 \cdot 0,005 \cdot 10^{-4} - 8 \cdot 10^{-3} = 2000000 \cdot 0,0005 - 8 \cdot 10^{-3} = 1000 - 8 \cdot 10^{-3} = 999,992$

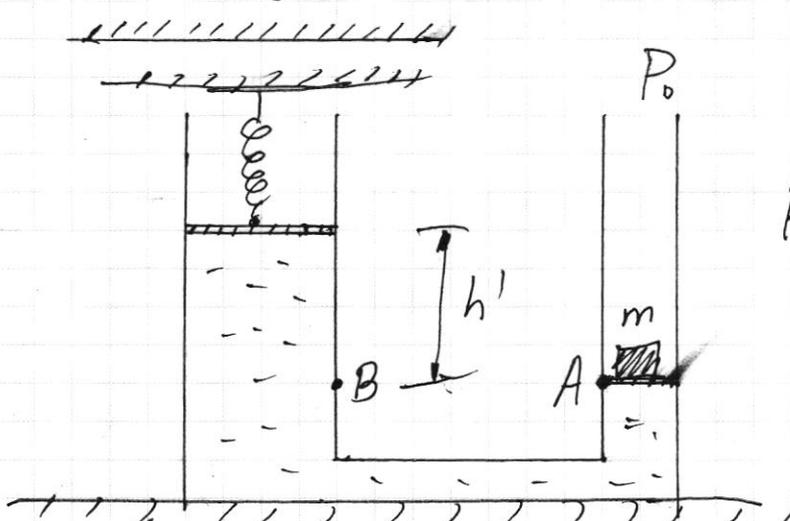
$0,008 - 0,005 = 0,003$; $0,005 - 0,008 = -0,003$

$0,003 \cdot 1000000 = 3000$



P_0 $P_A = P_B$
 ~~$P_A = P_0$~~ ~~$P_B = P_0 + \rho g h$~~
 $P_A = P_0$
 ~~$P_B = P_0 + \rho g h$~~
 $P_B = P_0 + \rho g h - F_{gn} \cdot S$

$P_0 = P_0 + \rho g h - kxS$; $kxS = \rho g h$; $x = \frac{\rho g h}{kS}$

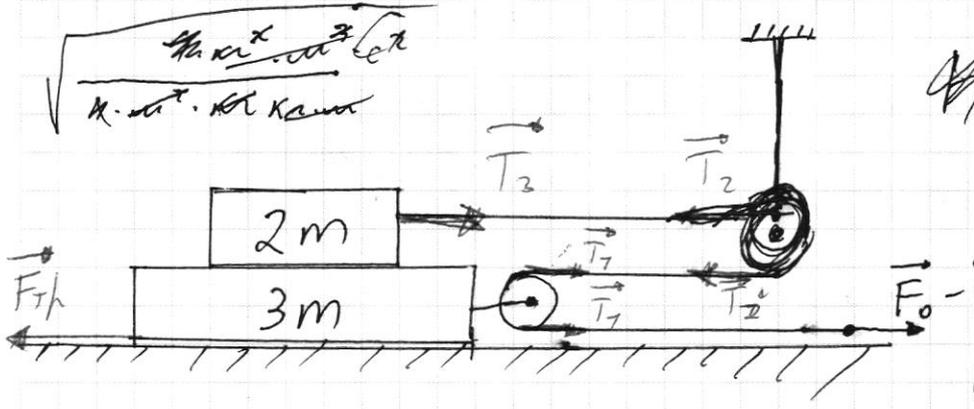


~~$P_A = P_0 + mg$~~
 $P_A = P_0 + \frac{mgS}{2}$
 $P_B = P_0$
 ~~$P_A = P_0 + \frac{mgS}{2}$~~
 ~~$P_B = P_0 + \rho g h'$~~
 $P_A = P_0 + \frac{mgS}{2}$
 $P_B = P_0 + \rho g h'$

$\frac{mgS}{2} = \rho g h'$

$\vec{T}_1 = \vec{F}_0$
 $F_{T1} = 5 \mu mg$
 $F_0 = 2,5 \mu mg$

$F_{T1} = \mu \cdot 5 mg$



$F = G \frac{mM}{R^2}$
 $G = \frac{FR^2}{m \cdot M}$
 $[G] = \frac{H \cdot m^2}{kr^2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T_3 = 2 \text{ мА}$$

$$2T_1 - 5 \mu \text{ мА} = 3 \text{ мА} \quad / \quad \frac{T_3}{2T_1 - 5 \mu \text{ мА}} = \frac{2}{3}$$

$$4T_1 - 10 \mu \text{ мА} = 3T_3$$

$$\frac{mgS}{2} = \rho g h'$$

$$m = \frac{2\rho h' S}{g}$$

$h' - ?$

$$h' > h$$

Объём воды, объём воздуха -

~~Слева: $V_n = S \cdot (h' - h)$~~

$$h_n + h_n = h'$$

Справа: $V_n = \frac{S}{2}$

$$h_n = \frac{1}{2} h_n$$

Слева: $V_n = h_n S$

$$h' = h + \frac{3}{2} h_n$$

$$h_n = \frac{1}{2} h_n$$

Справа: $V_n = h_n S$

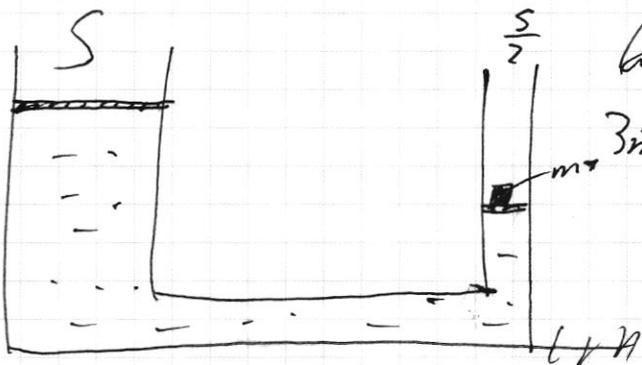
$$P_n = P_0 + \frac{\rho g S^2}{2}$$

$$\frac{mgS}{2} = \rho g h'$$

$$P_s = P_0 + \rho g h'$$

$$X = \frac{\rho g h S}{k}$$

должно



~~Слева поднялось на $x = \frac{\rho g h S}{k}$~~

Значит справа опустилось на

Слева поднялось на x ,
справа опустилось на $2x$.

~~XXXX~~ vs Bands

~~Lose yourself in the music the moment you own it~~