

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-04

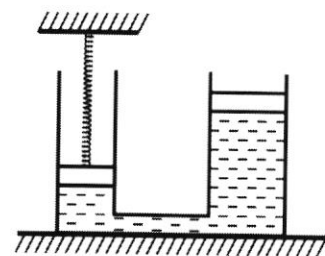
Шифр

(заполняется секретарём)

1. С высокой башни экспериментатор бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с. После достижения максимальной высоты камень пролетает рядом с экспериментатором и падает вниз на землю.

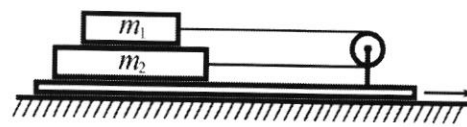
- 1) Через какое время t после броска величина скорости камня будет равна $3V_0$?
- 2) Найдите путь S , пройденный камнем от момента броска до момента достижения камнем скорости $3V_0$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. На горизонтальной поверхности расположены два цилиндрических сообщающихся сосуда (см. рис.), в которые 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. Деформация пружины равна x . Площадь сечения левого поршня S , правого $2S$. Трение поршней о стенки сосудов пренебрежимо мало. Ускорение свободного падения g .



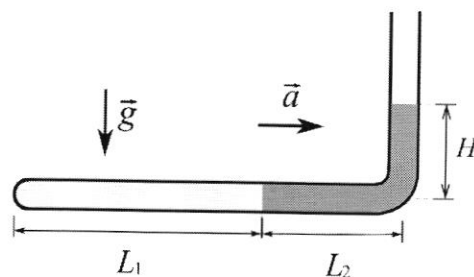
- 1) Найдите разность h уровней жидкости в сосудах.
 - 2) На правый поршень положили груз массой m . Найдите массу M груза, который следует положить на левый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. У двух планет Альфа-1 и Альфа-2 одинаковые радиусы R , а плотности планет равны, соответственно, $\rho_1 = \rho$ и $\rho_2 = 3\rho$. Гравитационная постоянная G . Объём шара $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.
- 1) Найдите ускорение g свободного падения на расстоянии $5R$ от центра планеты Альфа-1.
 - 2) Найдите отношение T_2/T_1 периодов обращения спутников, которые движутся по круговым орбитам вокруг данных планет. Высоты орбит спутников равны, соответственно $h_1 = R$ и $h_2 = 2R$.

4. На горизонтальном столе находится доска, на которой укреплен неподвижный блок, а также бруски, соединённые нитью. Массы брусков $m_1 = 2m$, $m_2 = 3m$. Коэффициент трения скольжения верхнего бруска по нижнему равен μ , трение между доской и нижним бруском отсутствует. Доску приводят в движение с постоянным ускорением, направленным вправо. Массой нити и блока, а также трением в оси блока можно пренебречь.



- 1) Найдите максимальное ускорение a_0 доски, при котором бруски не будут проскальзывать относительно друг друга.
- 2) Найдите силу T натяжения нити, если доска движется с ускорением $a > a_0$.

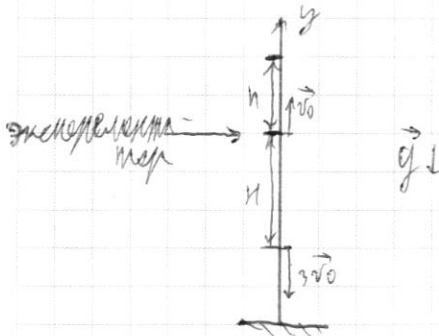
5. Тонкая изогнутая трубка состоит из горизонтального участка, запаянного с одного конца, и вертикального участка, открытого в атмосферу. Трубка заполнена двумя несмешивающимися жидкостями: плотности ρ_1 в горизонтальном участке, и плотности ρ_2 в горизонтальном и вертикальном участках (см. рис.). Трубка движется с ускорением $a = g/6$, направленным горизонтально. Геометрические размеры указаны на рисунке, $H = L$, $L_1 = 4L$, $L_2 = 3L$. Атмосферное давление P_0 .



- 1) Найдите давление P_1 в жидкости в месте изгиба трубки.
- 2) Найдите давление P_2 в жидкости у запаянного конца трубки.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1.



камень ^{прелетел} мимо экспериментатора ^и шёл ^с скоростью v_0 ,
направленно ~~претивающейся~~ ~~на~~ ~~верх~~ к земле.

t_1 — время за которое камень достиг максимальной высоты

$$\vec{v}_0 + g t_1 = 0$$

$$v_0 - g t_1 = 0$$

$$v_0 = g t_1$$

$$t_1 = \frac{v_0}{g}$$

t_2 — время за которое камень достиг земли, ^{где ~~v_0~~} ^{расп. v_0}

$$\vec{v}_0 = \vec{v}_0 + g t_2$$

$$v_0 = v_0 + g t_2$$

$$t_2 = \frac{2v_0}{g}$$

$$t = 2 t_1 + t_2 = \frac{2v_0}{g} + \frac{2v_0}{g} = \frac{4v_0}{g} = 4,8 \text{ c}$$

$$S = 2h + H = \frac{v_0^2}{g} + \frac{4v_0^2}{g} = \frac{5v_0^2}{g} = 72 \text{ м}$$

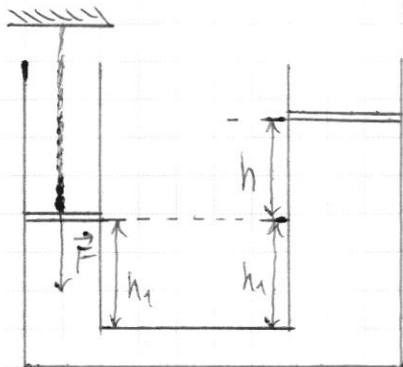
$$h = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$H = v_0 t_2 + \frac{g t_2^2}{2} = \frac{2v_0^2}{g} + \frac{2v_0^2}{g} = \frac{4v_0^2}{g}$$

ответ: 1) $t = 4,8 \text{ c}$

2) $S = 72 \text{ м.}$

и 2.



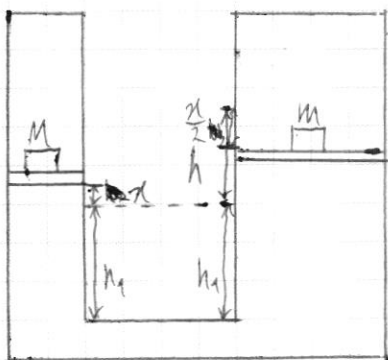
$$P_1 = P_2$$

$$\frac{F}{S} + \rho g h_1 = \rho g h_1 + \rho g h$$

$$\frac{F}{S} = \rho g h$$

$$\frac{kx}{S} = \rho g h$$

$$h = \frac{kx}{S\rho g}$$



т.к. вода в левом сосуде поднялась на x , значит вода в правом сосуде поднялась на $\frac{x}{2}$, т.к. объем воды, который перешел равен, но площадь отличается в 2 раза.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$P_1 = P_2$$

$$\frac{Mg}{S} + \rho g x + \rho g h_1 = \frac{Mg}{2S} + \rho g h_1 + \rho g h - \rho g \frac{x}{2}$$

$$\frac{M}{S} = \frac{m}{2S} + \rho h - \frac{3}{2} \rho x \quad | \cdot S$$

$$M = \frac{m}{2} + \rho S \left(h - \frac{3}{2} x \right) = \frac{m}{2} + \rho S \left(\frac{Kx}{\rho g S} - \frac{3}{2} x \right) =$$

$$= \frac{m}{2} + \frac{Kx}{g} - \frac{3}{2} \rho S x$$

$$\text{ответ: } 1) h = \frac{Kx}{\rho g S}; 2) M = \frac{m}{2} + \frac{Kx}{g} - \frac{3}{2} \rho S x$$

~3

$$F = \frac{m \cdot M}{R^2} \cdot G$$

$$mg = \frac{m \cdot M}{R^2} \cdot G$$

$$g = \frac{M}{R^2} \cdot G$$

$$g = \rho_1 \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot R^3 \cdot \frac{1}{25 R^2} \cdot G = \frac{4}{75} \pi \rho \cdot R \cdot G$$

$$\frac{v^2}{R} = \frac{M}{R^2} \cdot G$$

$$v^2 = \frac{M}{R} \cdot G$$

$$v_1^2 = \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot \rho \cdot \frac{G}{2R} = \frac{2}{3} \pi R^2 \cdot \rho \cdot G \Rightarrow v_1 = R \sqrt{\frac{2}{3} \pi \cdot \rho \cdot G}$$

$$v_2^2 = \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot 3\rho \cdot \frac{G}{3R} = \frac{4}{3} \pi R^2 \cdot \rho \cdot G \Rightarrow v_2 = R \sqrt{\frac{4}{3} \pi \cdot \rho \cdot G}$$

$$T_1 = \frac{L_1}{v_1} = \frac{4\pi R}{R \sqrt{\frac{2}{3} \pi \cdot \rho \cdot G}} = \frac{4\pi}{\sqrt{\frac{2}{3} \pi \cdot \rho \cdot G}}$$

$$T_2 = \frac{L_2}{v_2} = \frac{6\pi R}{R \sqrt{\frac{4}{3} \pi \cdot \rho \cdot G}} = \frac{6\pi}{\sqrt{\frac{4}{3} \pi \cdot \rho \cdot G}}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{3}{2} \cdot \sqrt{\frac{\frac{2}{3}\pi \cdot p \cdot G}{\frac{4}{3}\pi \cdot p \cdot G}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{3\sqrt{2}}{4}$$

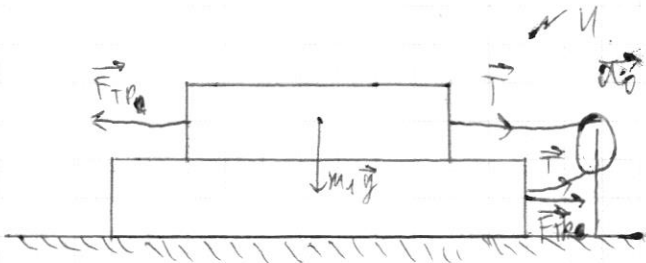
Ответ: 1) $g = \frac{4\pi \cdot p \cdot G \cdot R}{75}$ 2) $\frac{T_2}{T_1} = \frac{3\sqrt{2}}{4}$

М5.

$$\begin{aligned} P_1 &= P_0 + N \cdot g \cdot p_2 - L_1 \cdot d \cdot p_1 - L_2 \cdot d \cdot p_2 = \\ &= P_0 + L \cdot g \cdot p_2 - \frac{2}{3} L \cdot g \cdot p_1 - \frac{1}{2} L \cdot g \cdot p_2 = \\ &= P_0 + Lg \left(\frac{1}{2} p_2 - \frac{2}{3} p_1 \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= P_0 - N \cdot g \cdot p_2 - L_2 \cdot d \cdot p_2 - L_1 d \cdot p_1 = \\ &= P_0 - Lg \left(p_2 + \frac{1}{2} p_2 + \frac{2}{3} p_1 \right) = P_0 - Lg \left(\frac{3}{2} p_2 + \frac{2}{3} p_1 \right) \end{aligned}$$

Ответ: 1) $P_1 = P_0 + Lg \left(\frac{1}{2} p_2 - \frac{2}{3} p_1 \right)$; 2) $P_2 = P_0 - Lg \left(\frac{3}{2} p_2 + \frac{2}{3} p_1 \right)$



$$m_1 \vec{a}_0 = \vec{T} + \vec{F}_{тр}$$

$$m_2 \vec{a}_0 = \vec{T} + \vec{F}_{тр}$$

$$m_1 \vec{a}_0 = T - F_{тр}$$

$$m_2 a_0 = T + F_{тр} \Rightarrow T = m_2 a_0 - F_{тр}$$

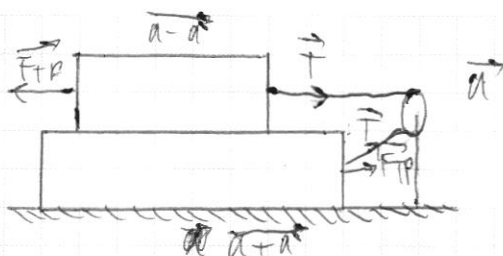
$$m_1 a_0 = m_2 a_0 - 2F_{тр}$$

$$a_0 (m_2 - m_1) = 2F_{тр}$$

$$F_{тр} = \mu m_1 g$$

$$a_0 = \frac{2\mu m_1 g}{m_2 - m_1} = \frac{4\mu m_1 g}{m} = \frac{4}{3} \mu g$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



\vec{a}' - ускорение пружины

$$m_2 \vec{a+a'} = \vec{F_{TP}} + \vec{T}$$

$$m_1 \vec{a-a'} = \vec{F_{TP}} + \vec{T}$$

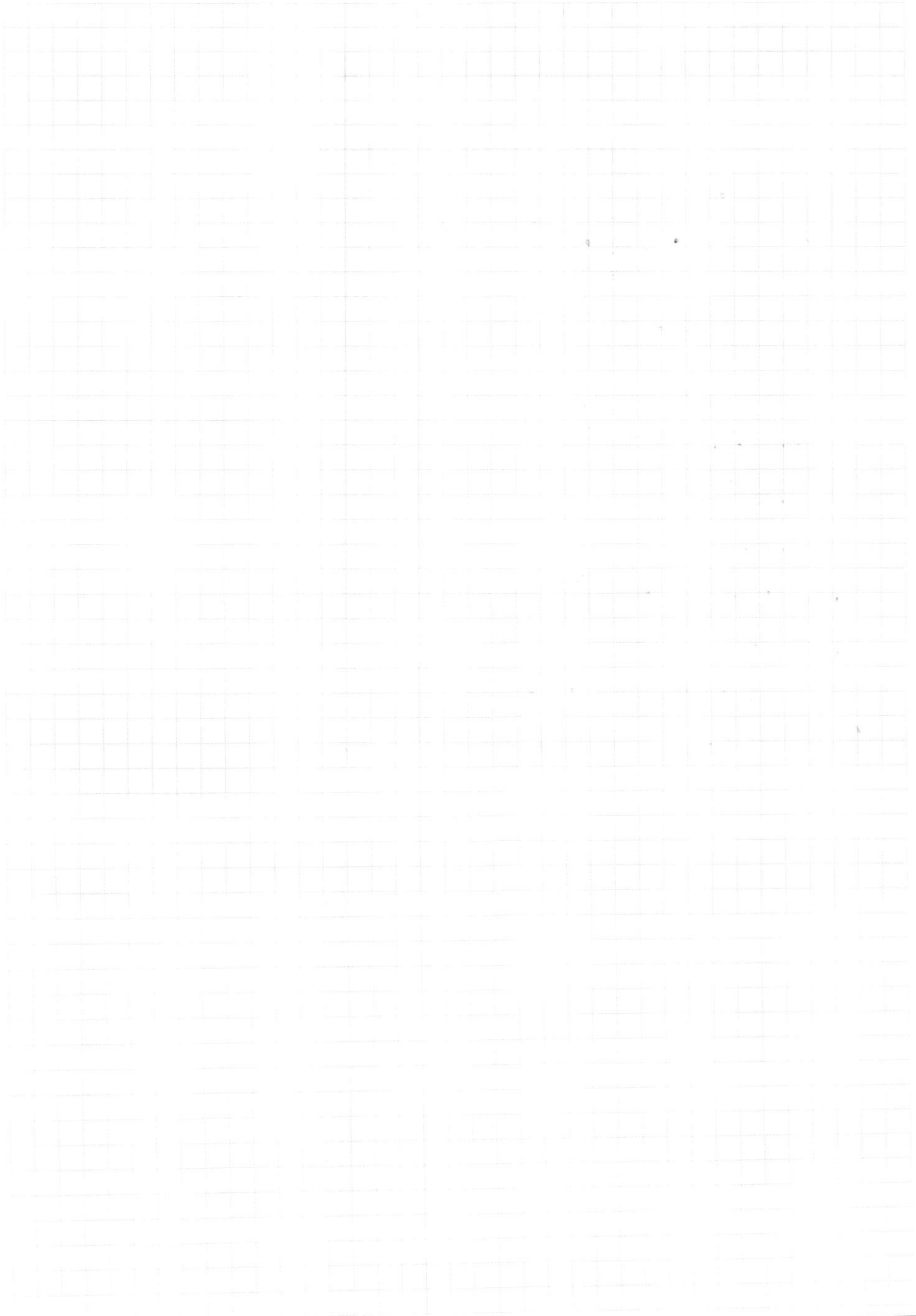
$$m_2 (a+a') = F_{TP} + T$$

$$m_1 (a-a') = m_0 - F_{TP} + T$$

$$m_2 a + m_1 a = 2T$$

$$T = \frac{a(m_1 + m_2)}{2} = \frac{5}{2} a \cdot m$$

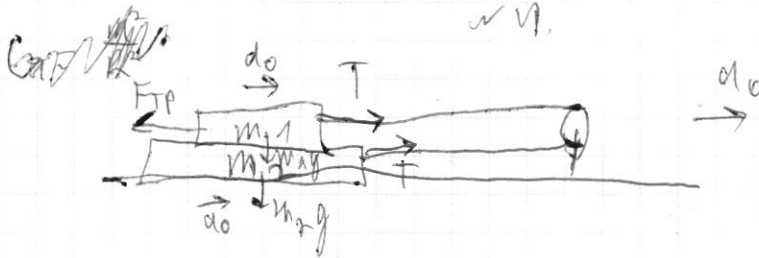
Ответ: 1) ~~а~~ $a_0 = 4 \mu g$; 2) $T = \frac{5}{2} a \cdot m$.



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



~~$F_{тр} = \mu m_1 a_0$~~
считаем $\mu = 0$ пренебрегаем трением, тогда

$$m_1 \vec{a}_0 = \vec{T} + \vec{F}_{тр}$$

$$m_2 \vec{a}_0 = \vec{T}$$

$$m_1 a_0 = T - F_{тр}$$

$$m_1 a_0 = m_2 a_0 - \mu m_1 g$$

$$(m_2 - m_1) a_0 = \mu m_1 g$$

$$a_0 = \frac{\mu m_1 g}{m_2 - m_1} = 2 \mu m_1 g$$



$$m_2 a = F_{тр} + T$$

$$m_1 (a - a_{ms}) = -F_{тр} + T$$

$$m_2 a + m_1 a = 2T$$

$$T = \frac{a(m_1 + m_2)}{2}$$

№ 5.

$$1) \cancel{K_1 \cdot a \cdot p_1 + L_2 \cdot a \cdot p_2 - K \cdot g \cdot p_1 - p_0 = p_1}$$

$$p_1 = \cancel{4L \cdot \frac{g}{6} \cdot p_1 + 3L \cdot \frac{g}{6} \cdot p_2 - 4 \cdot g \cdot p_1 - p_0}$$

$$p_1 = p_0 + K \cdot g \cdot p_2 - L_1 \cdot a \cdot p_1 - L_2 \cdot a \cdot p_2 =$$

$$= p_0 + L \cdot g \cdot p_2 - 4L \cdot \frac{g}{6} \cdot p_1 - 3L \cdot \frac{g}{6} \cdot p_2 =$$

$$= p_0 + Lg(p_2 - \frac{2}{3}p_1 - \frac{1}{2}p_2) = p_0 + Lg(\frac{1}{2}p_2 - \frac{2}{3}p_1)$$

$$2) p_2 = p_0 - K \cdot g \cdot p_2 - L_2 \cdot a \cdot p_2 - L_1 a p_1 =$$

$$= p_0 - Lg(p_2 + \frac{1}{2}p_2 + \frac{2}{3}p_1) = p_0 - Lg(\frac{3}{2}p_2 + \frac{2}{3}p_1)$$

№ 3.

$$F_T = \frac{m \cdot M}{R^2} \cdot G$$

$$mg = \frac{m \cdot M}{R^2} \cdot G$$

$$g = \frac{M}{R^2} \cdot G = p_1 \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot R^3 \cdot \frac{1}{25R^2} \cdot G = \frac{4}{75} \pi p_1 \cdot R \cdot G$$

$$\frac{v^2}{R} = \frac{M}{R^2} \cdot G$$

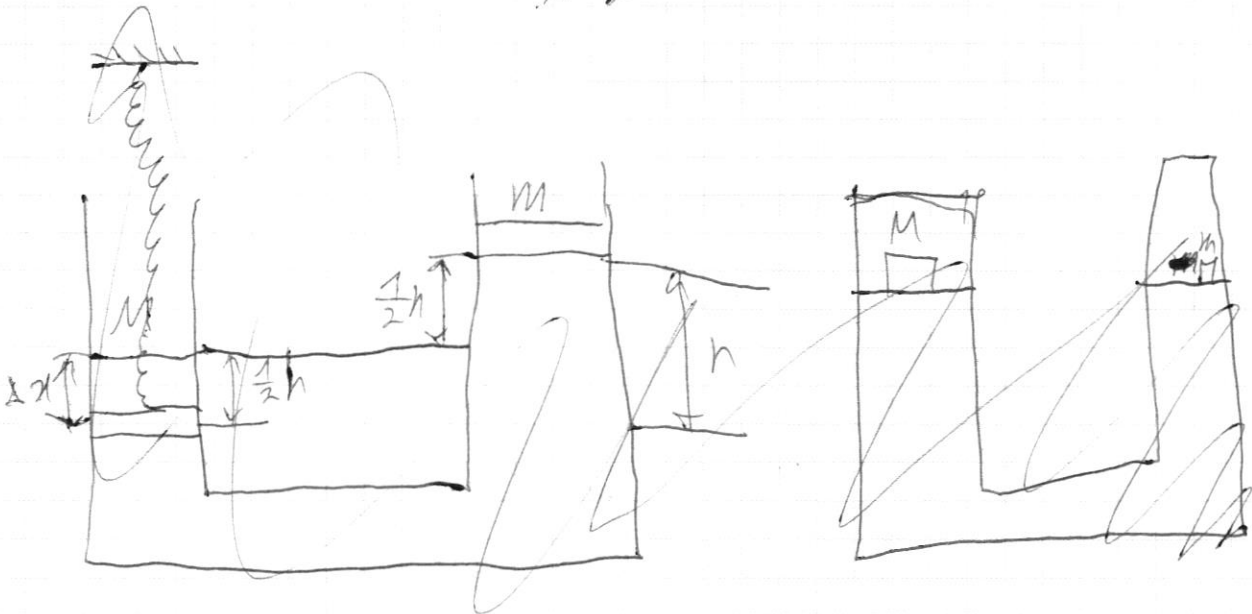
$$v^2 = \frac{M}{R} \cdot G = p_1 \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot R^2 \cdot G \Rightarrow v = R \sqrt{p_1 \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot G}$$

$$T_1 = \frac{L}{v} = \frac{2\pi R}{R \sqrt{p_1 \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot G}} = \frac{2\pi}{\sqrt{p_1 \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot G}}$$

$$T_2 = \frac{4\pi R}{R \sqrt{p_2 \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot G}} = \frac{4\pi}{\sqrt{p_2 \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot G}} = \frac{4\pi}{\sqrt{3} \sqrt{p_2 \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot G}}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{4\pi}{\sqrt{3} \sqrt{p_2 \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot G}} \cdot \frac{\sqrt{p_1 \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot G}}{2\pi} = 2 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{2\sqrt{3}}{3}$$

N 2



~~$h = 2x$
 $p_1 = p_2$
 $pg h$~~

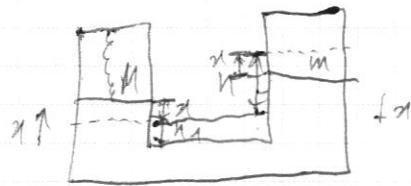


~~Handwritten scribbles~~

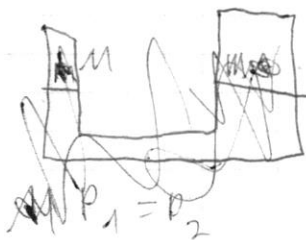
$$F_{\pi} + pg h_1 = pg(h_1 + h) = pg h_1 + pg h$$

$$F_{\pi} = pg h$$

$$\frac{k \Delta x}{s} = pg h$$



~~$h = \frac{k x}{pg s}$~~



~~Handwritten scribbles~~

~~$$\frac{Mg}{s} + pg h_1 = \frac{Mg}{2s} + pg h$$~~

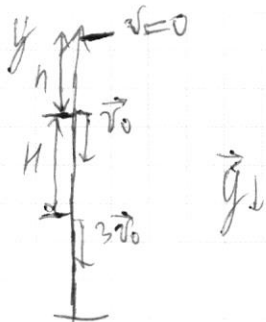
$$\frac{Mg}{s} + pg(x + h_1) = \frac{Mg}{2s} + pg(h_1 + h - x)$$

$$\frac{Mg}{s} + pg x = \frac{Mg}{2s} + pg h - pg x$$

~~$$\frac{M}{s} = \frac{M}{2s} + h - 2x$$~~

$$M = \frac{M}{2} + ps(h - 2x)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$3 \vec{v}_0 = \vec{v}_0 + g t$$

$$2 v_0 = v_0 + g t$$

$$1) t = \frac{2 v_0}{g}$$

$$2) h = v_0 t_0 - \frac{g t_0^2}{2} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$v_0 = v_0$$

$$v = 0 = v_0 - g t_0$$

$$v_0 = g t_0 \Rightarrow t_0 = \frac{v_0}{g}$$

$$S = 2h + H = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{4v_0^2}{g} = \frac{5v_0^2}{g}$$

$$H = v_0 t + \frac{g t^2}{2} = \frac{2v_0^2}{g} + \frac{g}{2} \cdot \frac{4v_0^2}{g^2} = \frac{2v_0^2}{g} + \frac{2v_0^2}{g} = \frac{4v_0^2}{g}$$

$$\frac{11 \cdot 12}{10} = 13.2$$

$$\frac{5 \cdot 12 \cdot 12}{10} = 7.2$$