

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

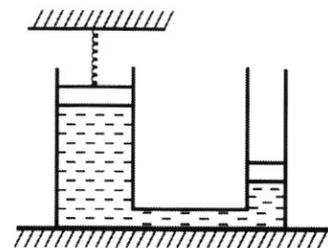
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

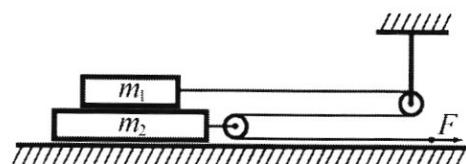
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения $g = 10$ 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 .



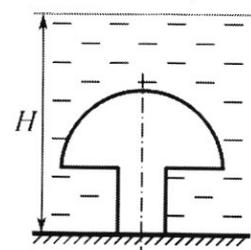
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная 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.

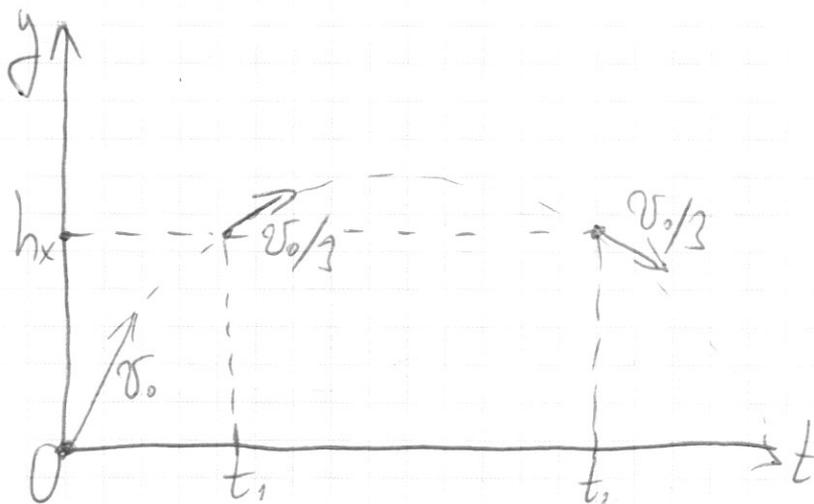
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

51

$$v_0 = 12 \text{ м/с} \rightarrow t_0 = 0 \text{ с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$\frac{v_0}{3} \rightarrow t_x - ? ; h_x - ?$$



$$1) \vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{g}t ;$$

$$\left| \frac{v_0}{3} \right| = v_0 - gt_x ;$$

$$t_1 = \frac{v_0 - \frac{v_0}{3}}{g} ; \quad t_2 = \frac{v_0 + \frac{v_0}{3}}{g} ;$$

$$t_1 = \frac{2v_0}{3g} \quad t_2 = \frac{4v_0}{3g}$$

$$t_1 = \frac{2 \cdot 12 \text{ м/с}}{3 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 0,8 \text{ с} ; \quad t_2 = \frac{4 \cdot 12 \text{ м/с}}{3 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 1,6 \text{ с} .$$

$$2) y(t) = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$h_x = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} ;$$

$$h_x = 12 \text{ м/с} \cdot 0,8 \text{ с} - \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot (0,8 \text{ с})^2}{2} = \underline{6,4 \text{ м}}$$

Ответ: 1) 0,8 с ; 1,6 с ;
2) 6,4 м.

53

Дано: $g, R, G;$

~~Р~~ $r = 2R; h = 0,5R$

$$1) F_T = mgy = G \frac{mM}{r^2}$$

$$g^{(2R)} = \frac{GM}{r^2} = \frac{G \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \rho}{4R^2}$$

$$g_1 = \frac{G \pi R \rho}{3}$$

1) $g(r) - ?$
2) $\omega - ?$

$$2) g(R+h) = g_2 = \frac{GM}{(R+h)^2} = \frac{4G\pi R^3 \rho}{3 \cdot 2,25R^2} = \frac{4G\pi R \rho}{6,75}$$

$$\omega^2 g_2 = \omega^2 (R+h) = \omega^2 \cdot 1,5R \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g_2}{1,5R}} =$$

$$= \sqrt{\frac{4G\pi R \rho}{6,75 \cdot 1,5R}} = \sqrt{\frac{4G\pi \rho}{10,125}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3 (продолжение)

$$T = \frac{2\pi L}{\omega} = \frac{2\pi \cdot 10,125}{\sqrt{49\pi G\rho}} = \sqrt{\frac{10,125\pi}{G\rho}}$$

Ответ: 1) $g(2R) = \frac{G\rho R g}{3}$;

2) $T = \sqrt{\frac{10,125\pi}{G\rho}}$

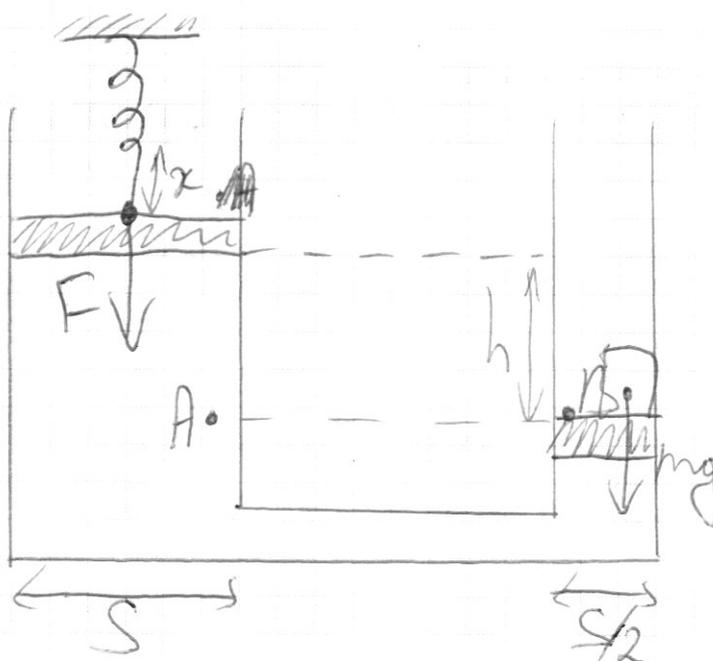
№2

Дано:

$\rho; S; h; k; g$

1) x - ?

2) m - ?



1) $p_A = p_0 + \rho g h$; $p_B = p_0$

2) $F = pS$

3) $F = kx$

$$\Rightarrow x = \frac{pS}{k} = \frac{(p_A - p_B)S}{k} = \frac{\rho g h S}{k}$$

$$2) p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{\frac{1}{2}S} \Rightarrow F = 2mg \Rightarrow$$

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

Ответ: 1) $x = \frac{\rho g h S}{k}$;

2) $m = \frac{\rho h S}{2}$.

Уч

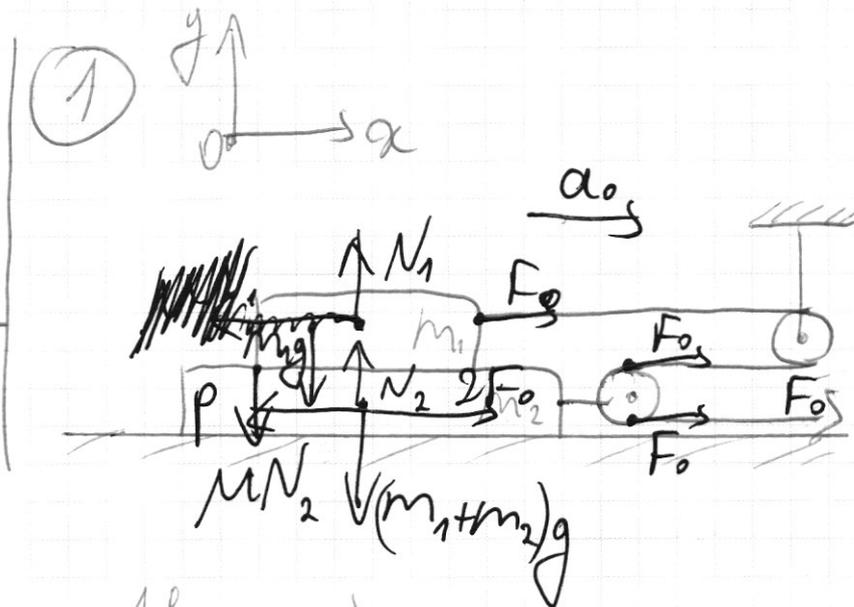
Дано:

$m_1 = 2m; m_2 = 3m;$

$\mu;$

1) $F_0 - ?$

2) $F_{\text{тр}} - ?$



1) $P = N_1$ (по III закону Ньютона)

2) $F_{\text{тр}1}$ (сила трения, действующая на верхний брусок) $= 0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow a_{01} = a_{02} = a_0$ (брусочки движутся с одинаковым ускорением, т.е. верхний брусок не скользит по второму)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача (продолжение)

3) Запишем Σ -~~на~~ Ньютона для каждого из тел и спроецируем на ось:

$$\text{"}m_1\text{"}: \begin{cases} O_y: N_1 - m_1 g = 0 \\ O_x: F_0 = m_1 a_0 \quad (1) \end{cases}$$

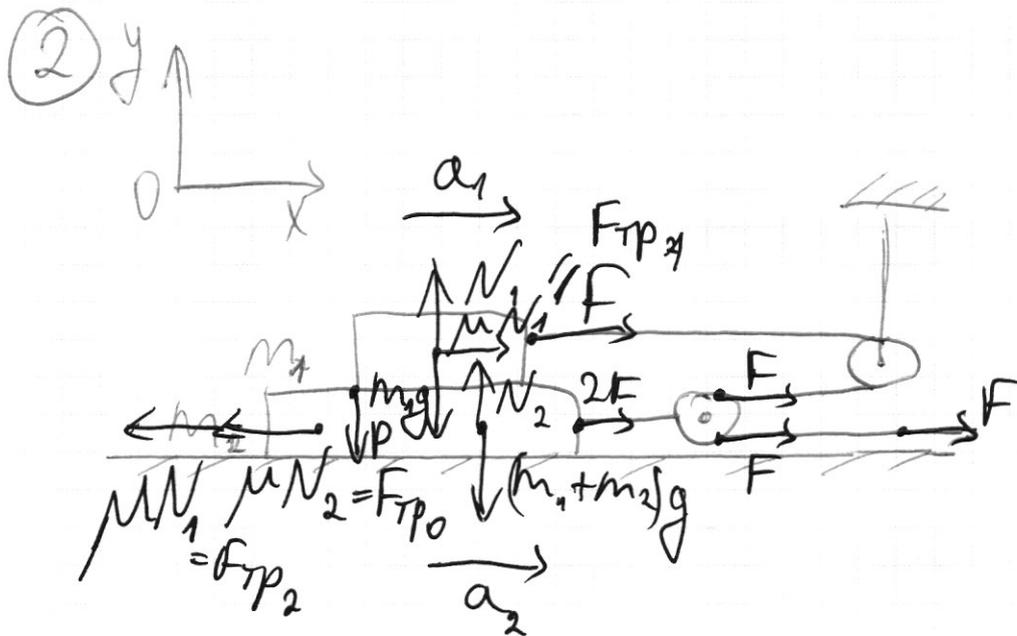
$$\text{"}m_2\text{"}: \begin{cases} O_y: N_2 - (m_1 + m_2)g = 0 \Rightarrow N_2 = (m_1 + m_2)g \\ O_x: 2F_0 - \mu N_2 = m_2 a_0 \Rightarrow \\ \Rightarrow 2F_0 - \mu(m_1 + m_2)g = m_2 a_0 \quad (2) \end{cases}$$

$$(1; 2) \rightarrow \begin{cases} F_0 = 2ma_0; \\ 2F_0 - 5\mu mg = 3ma_0 \end{cases} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{2F_0 - 5\mu mg}{F_0} = \frac{3}{2};$$

$$4F_0 - 10\mu mg = 3F_0$$

$$\boxed{F_0 = 10\mu mg}$$



- 1) $P = N_1$; $F_{\text{тр}1} = F_{\text{тр}2} = \mu N_2$ (по II 3-му закону)
- 2) a_1 - ускорение верхнего бруска (от-но земли)

a_2 - ускорение нижнего бруска

- 3) II закон Ньютона для каждого из брусков:

" m_1 ": $\begin{cases} \text{Oy: } N_1 - m_1 g = 0 \Rightarrow N_1 = m_1 g \\ \text{Ox: } F + \mu N_1 = m_1 a_1 \end{cases} \rightarrow$

$\Rightarrow \underline{F + 2\mu m_1 g = 2m_1 a_1} \quad (1)$

" m_2 ": $\begin{cases} \text{Oy: } N_2 - (m_1 + m_2)g = 0 \Rightarrow N_2 = (m_1 + m_2)g \\ \text{Ox: } 2F - \mu(N_1 + N_2) = m_2 a_2 \end{cases} \rightarrow$

$\Rightarrow \underline{2F - 2\mu m_1 g - 5\mu m_2 g = 3m_2 a_2} \quad (2)$

- 4) $F \approx F_{\text{min}}$ при $a_1 = a_2 = a$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА№4 (программное)

$$\begin{cases} F_{\min} + 2\mu mg = 2ma, \\ 2F_{\min} - 7\mu mg = 3ma \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{2F_{\min} - 7\mu mg}{F_{\min} + 2\mu mg} = \frac{3}{2}; \\ F_{\min} + 2\mu mg = 2ma \end{cases}$$

$$4F_{\min} - 14\mu mg = 3F_{\min} + 6\mu mg$$

$$F_{\min} = 20\mu mg$$

Ответ: 1) $F_0 = 10\mu mg$;
2) $F_{\min} = 20\mu mg$.

№5Дано:

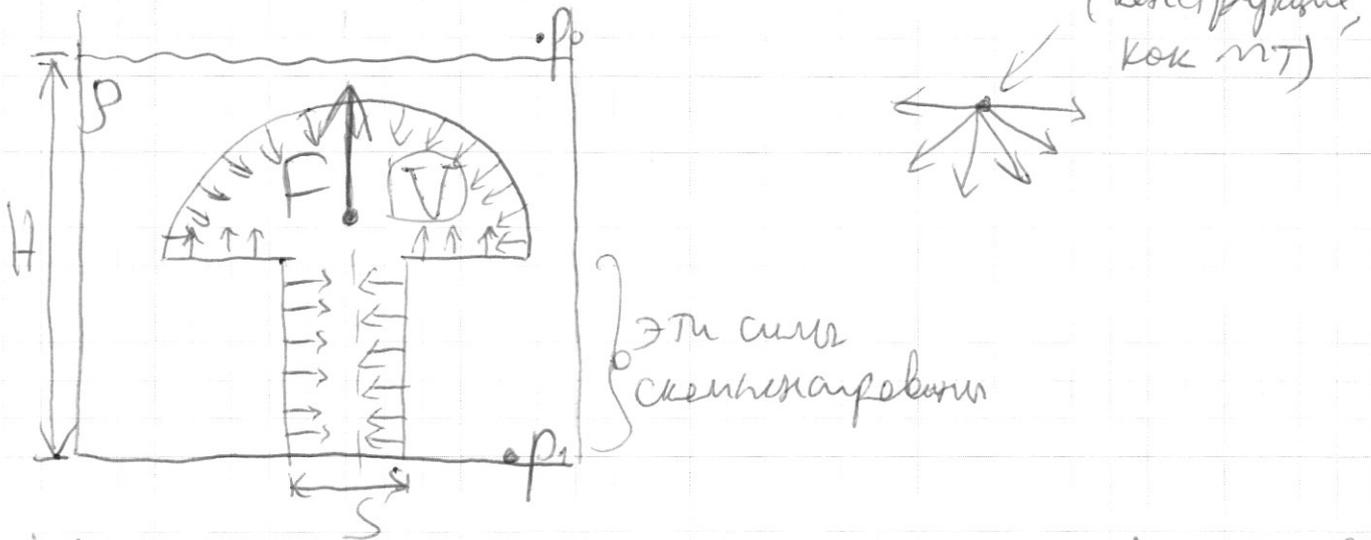
$$H = 2,5 \text{ м}; V = 8 \text{ дм}^3; S = 20 \text{ см}^2;$$
$$\rho = 12 / \text{см}^3 = \rho_0 = 100 \text{ кПа}$$

1) $P_1 = ?$; 2) $F = ?$

№ 5 (продолжение)

1) $p_{01} = p_0 + \rho g H$;

$$p_2 = 10^5 \text{ Па} + 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 2,5 \text{ м} =$$
$$= 1,25 \cdot 10^5 \text{ Па} = \underline{125 \text{ кПа}}$$

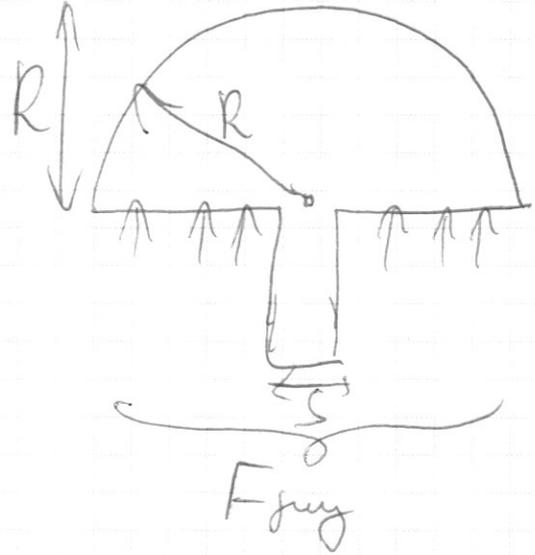


2) Кессетружные симметричны, поэтому равнодействующая будет направлена только по вертикали (по горизонтали силы с кессет-сферой)

3) Сила давления "под шляпой" баллона, т.к. давление увеличивается с глубиной; а на сферической поверхности угол наклона касательной увеличивается с глубиной и вертикальная составляющая увеличивается.
Равнодействующая направлена вверх.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$F_{\text{выт}} = \rho g R \Delta S (\pi R^2 - S)$$





черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

21

$$v(t) = v_0 - gt$$

$$|v_0/3| = v_0 - gt_x$$

$$t_1 = \frac{v_0 - v_0/3}{g}$$

$$t_2 = \frac{v_0 + v_0/3}{g}$$

$$t_1 = \frac{2v_0}{3g}$$

$$t_2 = \frac{4v_0}{3g}$$

$$\frac{2 \cdot 12 \text{ м/с}}{3 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = \frac{24}{30} = \frac{4}{5} \text{ с}$$

$$12 \text{ м/с} \cdot 1,6 \text{ с} - \frac{10 \cdot 1,6^2}{2} = 19,2 \text{ м} - 12,8 = 6,4 \text{ м}$$

$$y(t) = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$h = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2}$$

$$= 12 \text{ м/с} \cdot 0,8 \text{ с} - \frac{10 \text{ м/с}^2 (0,8)^2}{2}$$

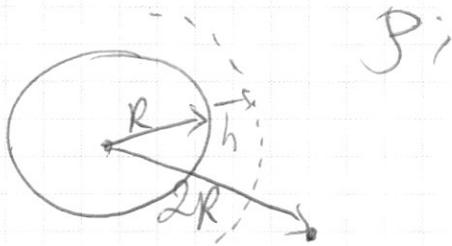
$$= 9,6 \text{ м} - 5,064 \text{ м} =$$

$$= 9,6 \text{ м} - 3,2 \text{ м} = 6,4 \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} \times 12 \\ 16 \\ \hline 192 \\ + 12 \\ \hline 192 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 16 \\ 16 \\ \hline 96 \\ + 16 \\ \hline 256 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2560 \overline{) 2560} \\ \underline{2560} \\ 0 \end{array}$$



$$G = \left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{Н}}{\text{кг}^2} \right]$$

$$\begin{array}{r} 3^2 \\ \times 6,75 \\ \hline 18,00 \end{array}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} =$$

$$a = \omega^2(R+h)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{a}{R+h}} = \sqrt{\frac{8G\rho R^3\rho}{g \cdot 1,5R}}$$

$$\left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{Н} \cdot \text{кг}}{\text{кг}^2 \cdot \text{м}^3} \right] = \left[\frac{\text{Н}}{\text{кг} \cdot \text{м}} \right]$$

$$\begin{array}{r} 3^2 \\ \times 6,75 \\ \hline 11,25 \\ + 11,25 \\ \hline 22,5 \\ + 6,75 \\ \hline 29,25 \end{array}$$

$$mg = \frac{Mm}{r^2} G$$

$$g = \frac{GM}{r^2} = G \frac{\frac{4}{3}\rho R^3\rho}{4R^2}$$

$$g = \frac{G\rho R\rho}{3}$$

$$\left[\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{кг}^3 \cdot \text{кг}}{\text{кг}^2 \cdot \text{м}^3 \cdot \text{с}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{м}^3} \right]$$

$$g_2 = \frac{GM}{r^2} = \frac{G \frac{4}{3}\rho R^3\rho}{(R+h)^2} = \frac{4G\rho R^3\rho}{3 \cdot 2,25R^2} = \frac{4G\rho R\rho}{6,75} = \frac{8G\rho R\rho}{9}$$

$$\sqrt{\frac{\text{кг}^2 \cdot \text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{Н} \cdot \text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{Н}}} = \sqrt{\frac{\text{с}^2 \cdot \text{м}}{\text{м}}} = \text{с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$F = p \cdot S = 125000 \text{ Па} \cdot 20 \cdot 0,000001 = 125000 \text{ Па} \cdot$$

$$0,00002 \text{ м}^2 = 1,25 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 2 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2 = 2,5 \text{ Н}$$

$$\frac{2F - 7 \mu \text{mg}}{F + 2 \mu \text{mg}} = \frac{3}{2}$$

$$4F - 14 \mu \text{mg} = 3F + 6 \mu \text{mg}$$

$$F = 20 \mu \text{mg}$$

5

$H; S; V; \rho; P_0; g \mid P_1 - ?; F - ?$

$$V = S \cdot R + \frac{2}{3} \pi R^3$$

$$V = S \cdot R + \frac{2}{3} \pi R^3 = R \left(S + \frac{2}{3} \pi R^2 \right)$$



$$V = Sh + \frac{2}{3} R^3 \pi$$

$$\Delta S = \pi R^2 - S$$

$$F_{\text{mg}} = \Delta S (\rho g R) =$$

$$= \pi (L + R) \rho g (\pi R^2 - S)$$



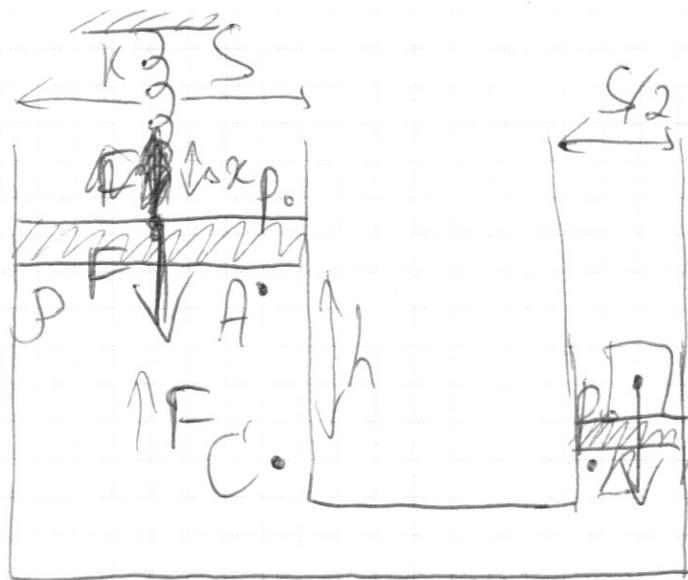
$$\sum_i \rho g (R - R \sin \alpha_i) \Delta S_i \sin \alpha_i = \rho g R (1 - \sin \alpha_i) \Delta S_i \sin \alpha_i$$

$$0 = \frac{\pi}{2} \quad \text{when } \alpha = 0 \quad \text{when } \alpha = \frac{\pi}{2}$$

$$\rho g R \Delta S_i = 0$$

$$(\rho g R \Delta S_i (1 - \sin \alpha_i) \sin \alpha_i)' = \rho g R \Delta S_i (1 - \cos \alpha_i) \cos \alpha_i = 0$$

$$\Rightarrow \cos \alpha_i = 0$$



$$F = S \cdot p$$

$$F = k \cdot x$$

$$\Delta x = \frac{F}{k} = \frac{\Delta p S}{k} = \frac{\rho g h S}{k}$$

$$p_A = p_0 ; p_C = \rho g h + p_0 ; \Delta p = \rho g h$$

$$p_D = p_0$$

$$2) \Delta p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{\frac{1}{2} S} =$$

$$F_{\Delta p} = S \cdot p_1 = 1,25 \cdot 10^5 \cdot 20 \cdot 10^{-6} = 125 \cdot 20 \cdot 10^{-1} = 2,25 \text{ H}$$

$$F = 2mg$$

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

$$p_1 = p_0 + \rho g H$$



$$p_1 = 10^5 \text{ Pa} + 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 2,5 \text{ m} \cdot 10 = 125000 \text{ Pa}$$

$$10 \text{ H/m} = 10^4 \text{ H/m}^2 \cdot (10 + 2,5) = 125000 \text{ Pa}$$

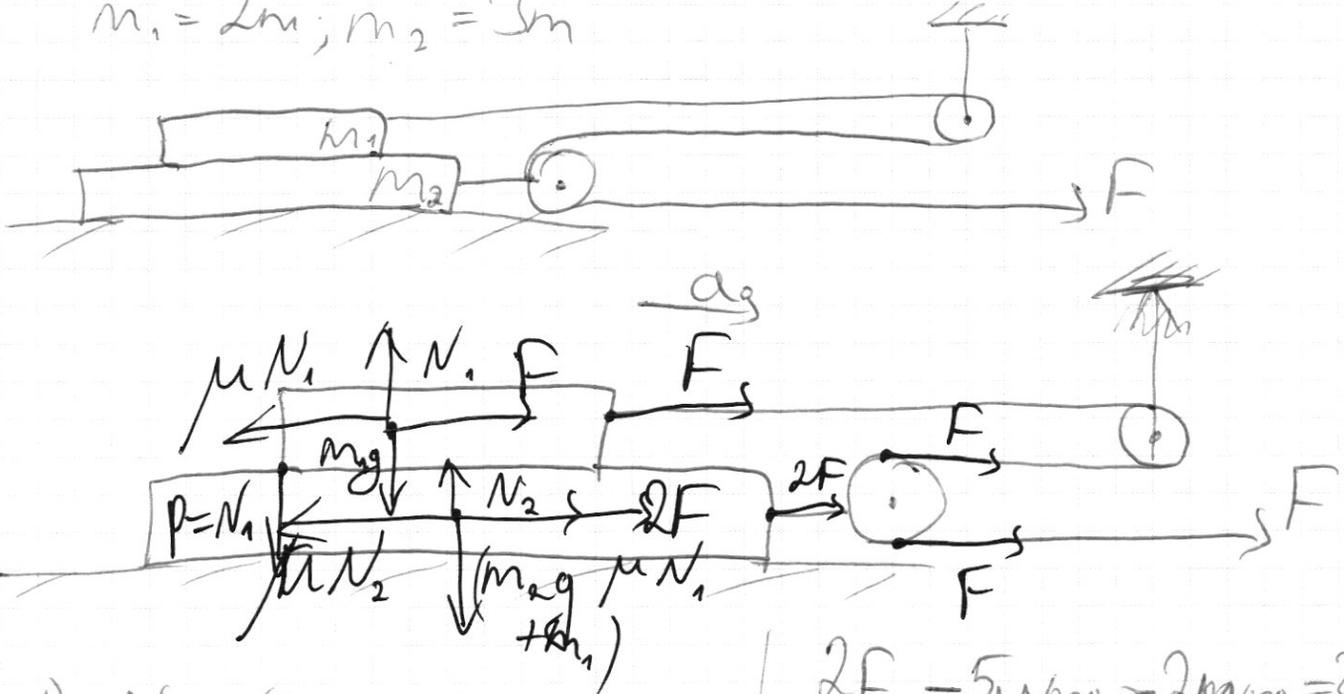
$$F = \rho V g = 1000 \cdot 0,008^3 \cdot 10 = 80 \text{ H}$$

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № _____
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m_1 = 2m; m_2 = 3m$$



$$1) N_2 = (m_1 + m_2)g$$

$$2) 2F_0 \rightarrow \mu N_2 = \mu g(m_1 + m_2)$$

$$2F_0 - \mu g(m_1 + m_2) = (m_1 + m_2)a_0$$

$$3) N_1 = m_2 g$$

$$4) F_0 = m_1 a_0$$

$$\begin{cases} 2F_0 - 5\mu mg = 3ma_0 \\ F_0 = 2ma_0 \end{cases}$$

$$\frac{2F_0 - 5\mu mg}{F_0} = \frac{3}{2}$$

$$\begin{cases} 4F_0 - 10\mu mg = 3F_0 \\ -10\mu mg = -F_0 \end{cases}$$

$$F_0 = 10\mu mg$$

$$\begin{cases} 2F - 5\mu mg = 2mg = 3ma_2 \\ F + 2\mu mg = 2ma_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} a_1 < a_2 \\ a_1 = a_2 \\ \text{при} \end{cases}$$