

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

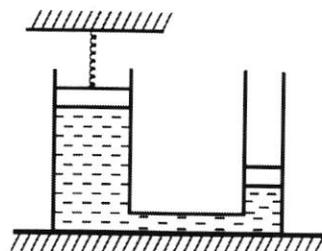
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

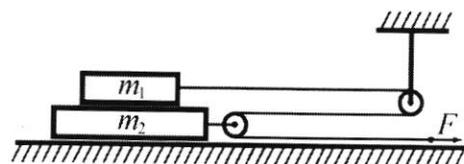
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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



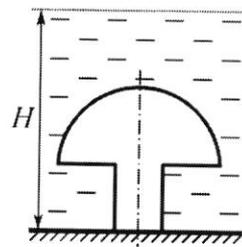
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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

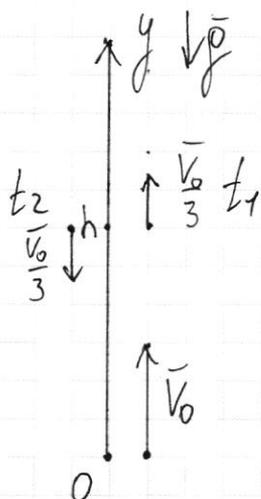
5. Ко дну бассейна глубиной $H=2,5$ м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции $V = 8$ дм³, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей $S = 20$ см². Плотность воды $\rho = 1$ г/см³, атмосферное давление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

Задача 1



$$1) \quad \bar{V}_y = \bar{V}_0 + \bar{g}t$$

$$\text{одн: } V_y = V_0 - gt$$

$$\text{при } t = t_1:$$

$$V_0 - gt_1 = \frac{V_0}{3} ; \quad gt_1 = V_0 - \frac{V_0}{3} = \frac{2}{3}V_0$$

$$t_1 = \frac{2V_0}{3g} = \frac{24}{30} = \frac{12}{15} = \frac{4}{5} = \underline{0,8 \text{ с}}$$

при $t = t_2$:

$$V_0 - gt_2 = -\frac{V_0}{3}$$

$$gt_2 = V_0 + \frac{V_0}{3} = \frac{4}{3}V_0$$

$$t_2 = \frac{4V_0}{3g} = \frac{48}{30} = \underline{1,6 \text{ с}}$$

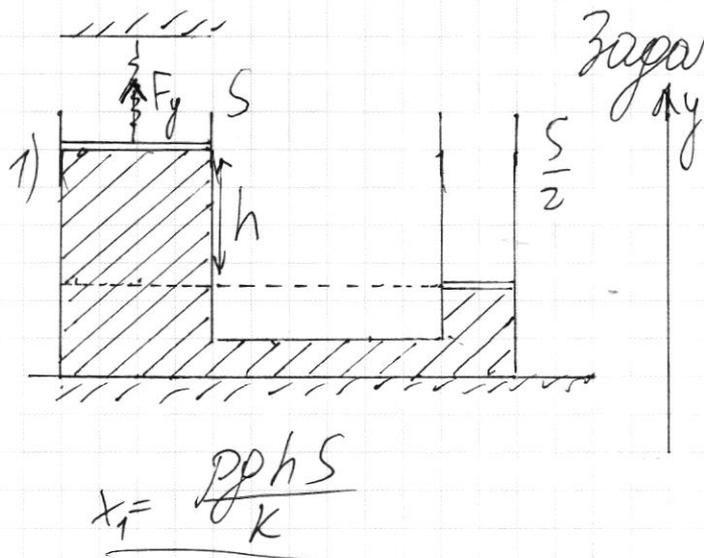
$$2) \quad y = V_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

при $t = t_1$ или $t = t_2$

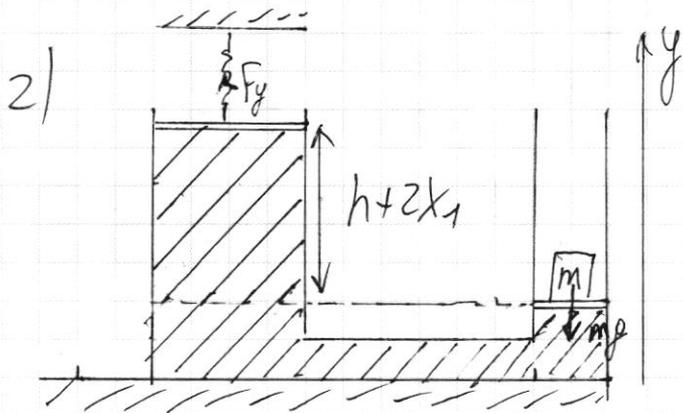
$$y = h$$

$$h = V_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = V_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = 12 \cdot 0,8 - \frac{10 \cdot 0,8^2}{2} = \underline{6,4 \text{ м}}$$

Ответ: 1) 0,8 с и 1,6 с ; 2) 6,4 м



$$\begin{aligned} \text{Dy: } 0 &= -\rho g h S + F_y \\ F_y &= \rho g h S \\ F_y &= k x_1 = \rho g h S \end{aligned}$$



$$F_y = 0, \text{ т.к. } x = 0$$

Левый поршень поднялся на x_1 , правый опустился на x_1

Условие равновесия:

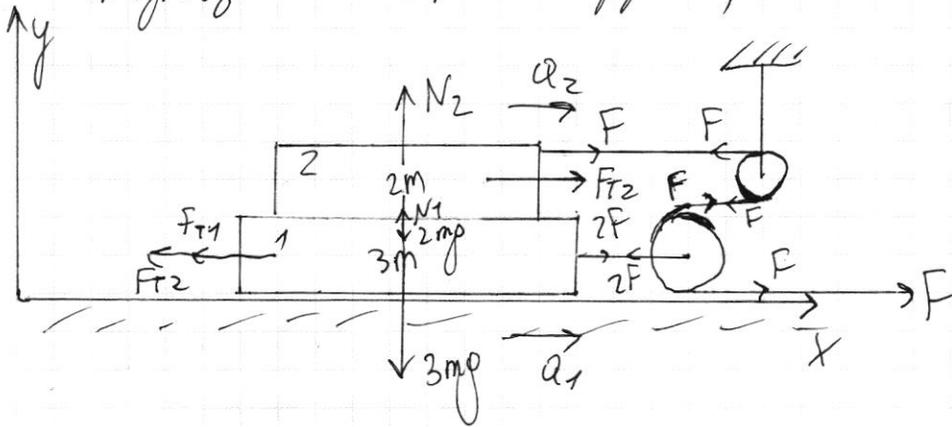
$$\text{Dy: } 0 = -mg$$

$$mg = \rho g (h + 2x_1) S$$

$$m = \rho S (h + 2x_1) = \rho S \left(h + \frac{2\rho g h S}{k} \right) = \rho g h S +$$

$$= \rho g S \left(h + \frac{2\rho g h S}{k} \right)$$

* Верхний едет влево от-но нижнего зм. F_{T2} , действующая на верхний брусок, тянет его вправо



$$Dy: N_2 = 2mg$$

$$N_1 = 5mg$$

$$F_{T1} = \mu N_1 = 5\mu mg$$

$$F_{T2} = 2\mu mg$$

$$Dx: 1/3ma_1 = 2F - F_{T1} - F_{T2} = 2F - 7\mu mg$$

$$2) 2ma_2 = F + F_{T2} = F + 2\mu mg$$

$$a_1 = \frac{2F - 7\mu mg}{3m}; \quad a_2 = \frac{F + 2\mu mg}{2m}$$

$$a_1 > a_2; \quad \frac{2F - 7\mu mg}{3m} > \frac{F + 2\mu mg}{2m}$$

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

$$4F - 14\mu mg > 3F + 6\mu mg$$

$$F > 20\mu mg$$

значит $F_{min} = 20\mu mg$

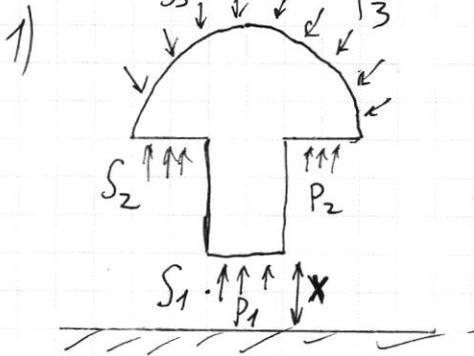
ответ: 1) $F_0 = 10\mu mg$; 2) $F_{min} = 20\mu mg$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задание 5

Силы, действующие на конструкцию сбоя, компенсируются в связи с осевой симметрией конструкции

Если бы по дну не было клея, и вода затекала бы по дну; (х-очень мал)



Сила Архимеда была бы равна

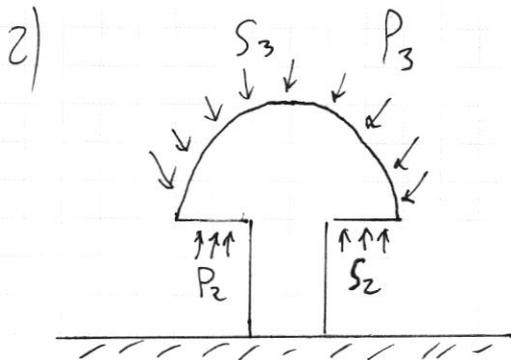
$$F_A = P_1 S_1 + P_2 S_2 - P_3 S_3, \text{ т. е.}$$

разности ^{сил} давлений, действующих снизу и сверху

С другой стороны $F_A = \rho g V$, где V - объем конструкции

т. е. по $\rho g V = P_1 S_1 + P_2 S_2 - P_3 S_3$

После приклеивания:



Теперь сила, с которой вода действует на конструкцию равна:

$$F = P_2 S_2 - P_3 S_3$$

Из 1 п. $F_A = P_1 S_1 + F$; $F = F_A - P_1 S_1$

$$V = 8 \text{ м}^3 = 0,008 \text{ м}^3$$

$$S_1 = S = 20 \text{ см}^2 = 0,2 \text{ м}^2 = 0,002 \text{ м}^2$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$P_0 = 100000 \text{ Па}$$

$$H = 2,5 \text{ м}$$

$$F = \rho g V - P_1 S_1$$

$$F_A = \rho g V = 1000 \cdot 10 \cdot 0,008 = 80 \text{ Н}$$

$$P_1 = \rho g H + P_0 = 1000 \cdot 10 \cdot 2,5 + 100000 = 125 \text{ кПа}$$

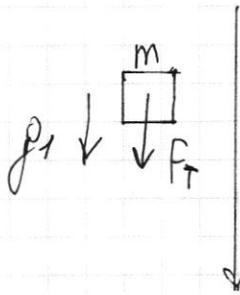
$$F = \rho g V - P_1 S_1 = \rho g V - (\rho g H + P_0) S_1 = 80 - 125000 \cdot 0,002 = 80 - 250 = -170 \text{ Н}$$

Значит вода действует на конструкцию с силой $F = 170 \text{ Н}$ по направлению вниз

Ответ: 1) 125 кПа; 2) 170 Н, вниз

Задача 3

1) g_1 - ускор. свободного падения на расстоянии $2R$ от центра планеты



$g_1 \downarrow$ \square $F_T \downarrow$

$$: F_T = G \frac{Mm}{4R^2}, \text{ где } M - \text{масса планеты,}$$

$m - \text{масса спутника}$

$$Oy: m g_1 = F_T = G \frac{Mm}{4R^2} \quad (1)$$

$$g_1 = \frac{GM}{4R^2} \quad ; \quad M = \rho V = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4\pi \rho R^3}{3}$$

$$g_1 = \frac{4\pi \rho R^3}{3} : 4R^2 = \frac{1}{3} \rho \pi G R$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) g_2 - ускор. свободного падения спутника находящегося на расстоянии $R+h=1,5R$ от центра планеты

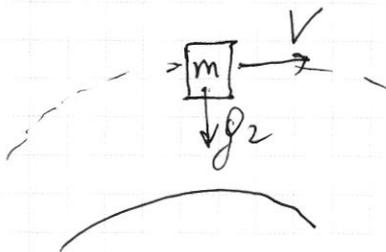
$$mg_2 = G \frac{Mm}{1,5^2 R^2} \quad (2)$$

$$(1): mg_1 = G \frac{Mm}{2^2 R^2}$$

$$(2):(1) \quad \frac{mg_2}{mg_1} = \frac{G M m \cdot 4 R^2}{G M m \cdot 1,5^2 R^2} = \frac{4}{1,5^2}$$

$$\frac{g_2}{g_1} = \frac{4}{1,5^2}; \quad g_2 = \frac{4}{1,5^2} g_1 = \frac{4}{1,5^2} \cdot \frac{1}{3} \rho \pi G R$$

$$g_2 = \frac{4 \rho \pi G R}{3 \cdot 1,5^2}$$



3) Спутник летит с постоянной линейной скоростью V , т.к. орбита круговая

$$g_2 = \frac{V^2}{R}; \quad V = \sqrt{g_2 R}$$

$$V = \sqrt{R \cdot \frac{4}{1,5^2} \cdot \frac{1}{3} \rho \pi G R} = \frac{2}{1,5} R \sqrt{\frac{1}{3} \rho \pi G}$$

$$V = \frac{2\pi R}{T}; \quad T = \frac{2\pi R}{V} = \frac{2\pi R}{\frac{2}{1,5} R \sqrt{\frac{1}{3} \rho \pi G}} = \frac{2\pi R}{T}$$

$$\frac{\sqrt{\frac{1}{3} \rho \pi G}}{1,5} = \frac{\pi}{T}; \quad T = \frac{1,5 \pi}{\sqrt{\frac{1}{3} \rho \pi G}} = \frac{1,5 \pi \sqrt{3 \cdot 1,5^2 \pi^2}}{\sqrt{\rho \pi G}} = \sqrt{\frac{6,75 \pi}{\rho G}}$$

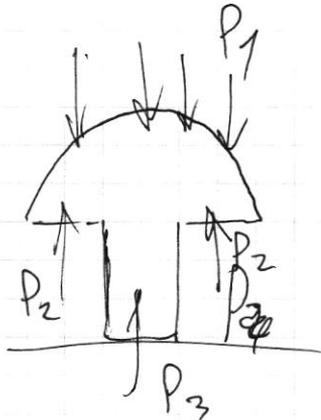
$$= 1,5 \sqrt{\frac{3\pi}{\rho G}} \quad \text{Ответ: } \frac{1}{3} \rho \pi G R; \quad 1,5 \sqrt{\frac{3\pi}{\rho G}}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

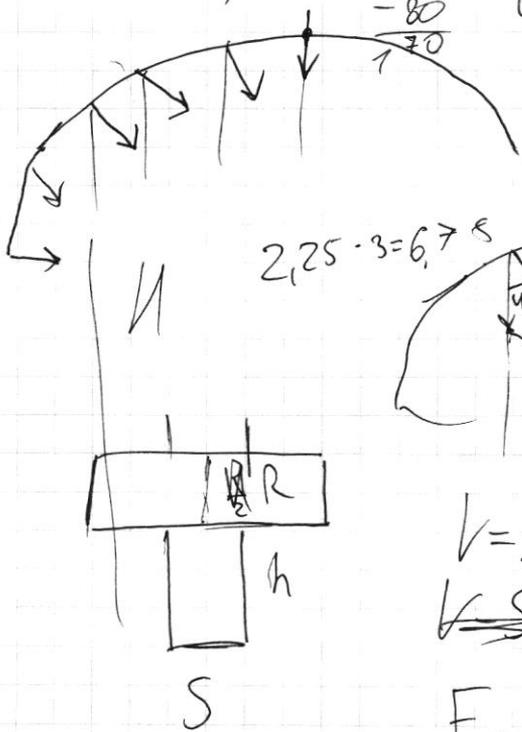


$$F_{\uparrow}$$

$$\rho g V = F \quad V =$$

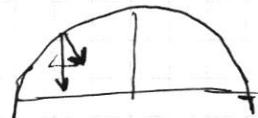
$$F_A = \rho g V$$

$$F_A = 1000 \cdot 0,008 \cdot 10 = 80 \text{ Н}$$



$$\rho g V = P_2 + P_3 - P_1$$

$$F = P_2 - P_1$$



$$S = 0,2 \text{ м}^2 \quad S = 0,002 \text{ м}^2$$

$$\rho g V = 1000 \cdot 10 \cdot 0,002 = 20 \text{ Н}$$

$$P_2 - P_1 = \rho g V - P_3$$

$$P_3 = P_1$$

$$\rho g V - P_1$$

$$\rho g V - (\rho g H + P_1) S$$

$$F_1 = \rho g (H - h) / (S_2 - S_1) \rho g V - \rho g H S - P_1 S$$

$$F_2 = \cos 45 \cdot \rho g (H - h - R) S_2$$

$$P_1 S = 80 - 150 = -70 \text{ Н}$$

$$F = F_1 - F_2 = \rho g (H - h) / (S_2 - S_1) - \rho g S_2 (H - h - R) \cos 45$$

$$= \rho g H S_2 - \rho g H S_1 - \rho g h S_2 + \rho g h S_1 - \rho g S_2 H \cos 45 + \rho g S_2 h \cos 45 + \rho g S_2 R \cos 45$$

$$P_1 S = 1000 \cdot 0,002 = 2 \text{ Н}$$

$$\rho g h S = 1000 \cdot 10 \cdot 2,5 \cdot 0,002 = 50 \text{ Н}$$

$$m \rho_1 = G \frac{Mm}{4R^2} =$$

$$M = \frac{4}{3} \rho \pi R^3$$

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

$$m \rho_2 = G \frac{Mm}{1,5^2 R^2}$$

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{GMm}{4R^2} : \frac{GMm}{1,5^2 R^2} = \frac{GMm \cdot \cancel{4R^2} \cdot 1,5^2}{GMm \cdot \cancel{4R^2}} = \frac{1,5^2}{4} = \frac{2,25}{4}$$

$$2,25 \rho_2 = \frac{4\rho_1}{4}$$

$$\rho_2 = \frac{4}{2,25} \rho_1 = \frac{4}{2,25} \frac{1}{3} \rho \pi R G = \frac{4}{6,75} \rho \pi R G$$

$$\frac{V^2}{R} = \rho_2$$

$$V = \sqrt{\rho_2 R} = \sqrt{\frac{4}{3 \cdot 1,5^2} \rho \pi R^2 G} = \frac{2}{1,5} R \sqrt{\frac{1}{3} \rho \pi G}$$

$$25 \cdot 1000 = 25000 + 100000 = 125000$$

$$125 \cdot 2 = 250$$

$$F_T = G \frac{m_1 m_2}{R^2} - ?$$

$$\frac{K}{K\Gamma} \cdot \frac{K\Gamma^2}{M^2} \cdot \frac{M \cdot K\Gamma}{M^2}$$

$$\rho = \frac{K}{M} \quad G = \frac{m_1 m_2}{R^2} = \frac{K\Gamma^2}{M^2}$$

$$\frac{K}{M} = \frac{M}{C^2}$$

$$M^2 = K C^2$$

$$K = \frac{M^2}{C^2}$$

$$\frac{K}{K\Gamma} = \frac{M}{C^2}$$

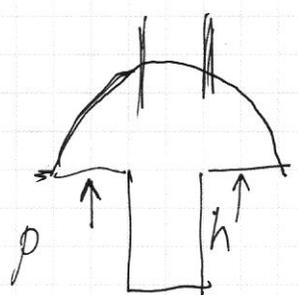
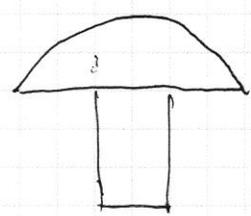
$$K = \frac{K\Gamma \cdot M}{C^2}$$



$$F_M = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

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

$$F = \rho g (H - h_1) (S_2 - S_1) - \rho g V$$



$$V = h_1 S_1 + \frac{2}{3} \pi h_2^3$$

$$P_2 = \rho g$$

$$F_1 = \rho g (H - h) S_1$$

d. $S_g = 200 \text{ cm} = \pi R^2$

$$R = \sqrt{\frac{S_g}{\pi}} = \sqrt{\frac{S_1}{\pi}}$$

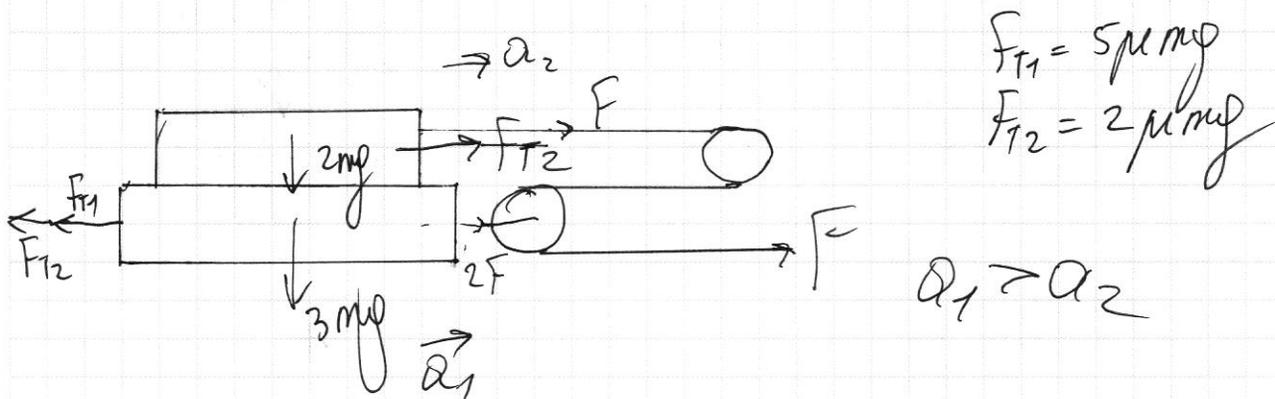
$$S_2 =$$

$$F = \rho g V - \rho g$$

$$F =$$

$$F = \rho g (H - h_1) (S_2 - S_1) - \rho g (H - h_1 - \frac{h_2}{2})$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$3ma_1 = 2F - F_{T1} - F_{T2} = 2F - 7\mu mg$$

$$2ma_2 = F + 2\mu mg$$

$$a_1 = \frac{2F - 7\mu mg}{3m} = 2\frac{F}{3m} - 7\mu g$$

$$a_2 = \frac{F + 2\mu mg}{2m}$$

$$a_1 = \frac{2F - 7\mu mg}{3m} \quad a_2 = \frac{F + 2\mu mg}{2m}$$

$$a_1 > a_2 \quad \frac{2F - 7\mu mg}{3m} > \frac{F + 2\mu mg}{2m}$$

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

$$4F - 14\mu mg > 3F + 6\mu mg$$

$$F > 20\mu mg$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$F_{\text{пр}} = G \frac{m_1 m_2}{R^2} = \frac{\rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{M^2} \cdot \frac{K \Gamma^2}{R^2} = \frac{K \Gamma^2}{C^2 \cdot M}$$

$$M = \rho V = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$$

$$\rho h = \frac{K \Gamma^2}{M^2} \cdot \frac{M}{C^2} = \frac{K \Gamma^2}{M C^2} = K$$

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2} \quad \frac{K \Gamma^2}{C^2} = K$$

$$f = ma = K \Gamma \cdot \frac{M}{C^2}$$

$$\frac{K \Gamma \cdot M \cdot M^2}{M^3} = \frac{K \Gamma \cdot M}{M^2}$$

$$M = G \frac{M M}{R^2} = F_{\text{пр}} \quad \rho = \frac{K}{K \Gamma}$$

$$\sqrt{\frac{489 \cdot 2}{36 \pi}} = \sqrt{\frac{9 \pi}{20 \pi}} = \rho = \frac{M m}{R^2} G$$

$$\frac{4}{2} = \frac{3 \sqrt{\pi}}{20 \pi}$$

$$\rho = \frac{M G}{R^2} = \frac{M G}{R^2} = \frac{4}{3} \rho \pi R^3 : R^2 = \frac{4}{3} \rho \pi R$$

$$\rho = \frac{K}{K \Gamma}$$

$$\rho = \frac{M m}{4 R^2} G \quad k = \frac{K}{M}$$

$$\sqrt{\frac{1}{\frac{K \Gamma \cdot M}{M^3 \cdot C^2}}} = \sqrt{\frac{M^3 C^2}{K \Gamma \cdot M}} = \sqrt{\frac{M^2 C^2}{K \Gamma}} = \frac{M \cdot C}{\sqrt{K \Gamma}}$$

$$\rho_1 = \frac{M G}{4 R^2} = \frac{4}{3} \rho \pi R^3 \cdot \frac{1}{4 R^2} = \frac{1}{3} \rho \pi R G = \frac{K \Gamma \cdot M}{M^2 \cdot C^2} = \frac{K \Gamma}{M \cdot C^2} = \frac{M \cdot C}{\sqrt{K \Gamma}}$$

$$\rho_2 = \frac{V^2}{R} \quad \rho_2 = \frac{M}{1,5 R^2} G = \frac{M}{2,25 R^2} G$$

$$\rho_2 = \frac{\frac{4}{3} \rho \pi R^3 G}{2,25 R^2} = \frac{4 \rho \pi R G}{3 \cdot 2,25} = \frac{16}{27} \rho \pi R G$$

$$\rho_2 = \frac{V^2}{1,5 R}$$

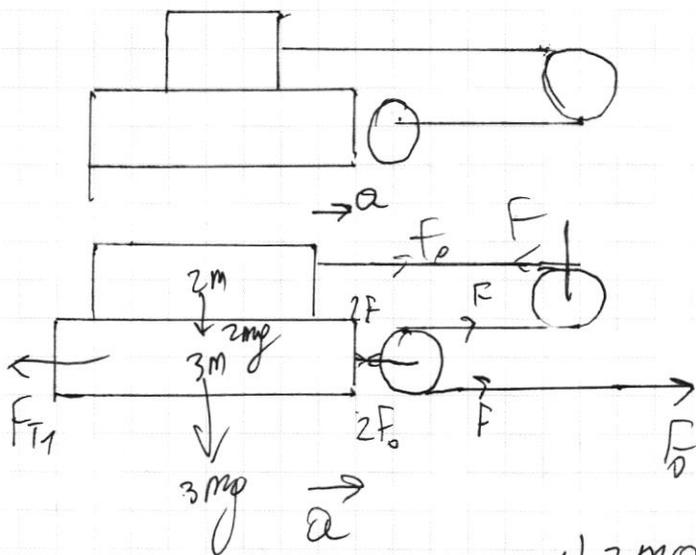
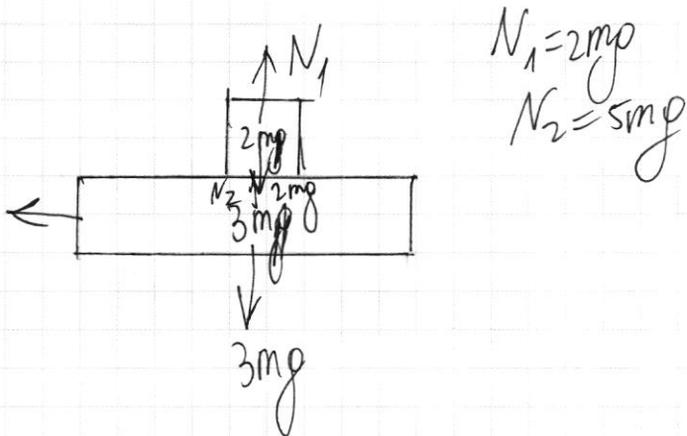
$$V^2 = 1,5 R \cdot \frac{16}{27} \pi R G \rho = \frac{24}{27} \rho \pi R^2 G$$

$$V^2 = \frac{8}{9} \rho \pi R G$$

$$V = R \sqrt{\frac{8 \rho \pi G}{3}} = \frac{2 \sqrt{2} \pi R}{T}$$

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

$$T \sqrt{\rho \pi G} = 6 \sqrt{2} \pi$$



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

$$1) 3ma = 2F_0 - 5\mu mg$$

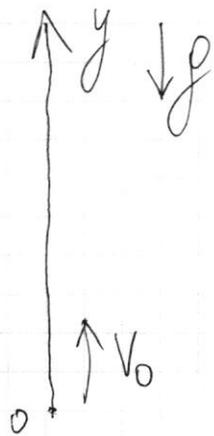
$$2) 2ma = F_0$$

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

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

$$F_0 = 10\mu mg$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_y = v_0 - gt$$

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

$$\frac{v_0}{3} = v_0 - gt \quad gt = \frac{3v_0 - v_0}{3} = \frac{2}{3}v_0$$

$$t = \frac{2v_0}{3g} = \frac{24}{30} = \frac{12}{15} = \frac{4}{5} = 0,8 \text{ с}$$

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

$$h = 12 \cdot 0,8 - \frac{0,8^2 \cdot 10}{2} =$$

$$= 9,6 - \frac{8 \cdot 0,8}{2} =$$

$$= 9,6 - 4 \cdot 0,8 = 9,6 - 3,2 = 6,4 \text{ м}$$

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

$$gt = \frac{4v_0}{3}$$

$$t = \frac{4v_0}{3g} = \frac{48}{30} = \frac{24}{15} = \frac{8}{5} = 1,6 \text{ с}$$

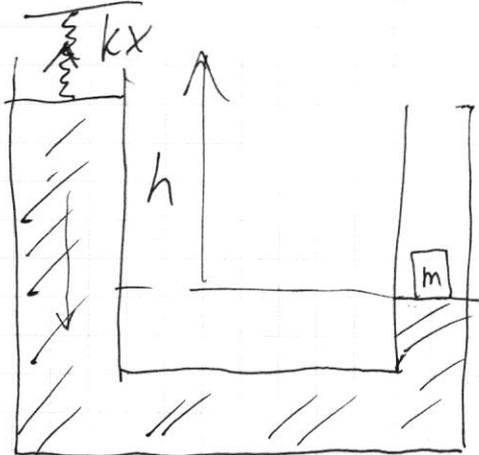
$$h = 12 \cdot 1,6 - \frac{1,6^2 \cdot 10}{2} =$$

$$= 19,2 - \frac{16 \cdot 1,6}{2} =$$

$$= 19,2 - 8 \cdot 1,6 = 19,2 - 12,8 = 6,4$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ 0,8 \\ \hline 9,6 \end{array} \quad \begin{array}{r} 96/8 \\ - 8/12 \\ \hline 16 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ 1,6 \\ \hline 19,2 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1,6 \\ 8 \\ \hline 12,8 \end{array} \quad \begin{array}{r} 19,2 \\ - 12,8 \\ \hline 6,4 \end{array}$$



$$F_y + \rho g h S = 0$$

$$kx = \rho g h S$$

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

$$m g \neq \rho g (h+x) S$$

$$m = \rho S (h+x) = \rho S \left(h + \frac{\rho g h S}{k} \right)$$

